



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

Reiki WATANABE

Serial No.: 10/743,314

Filed: December 23, 2003

For: PROCESSING EQUIPMENT AND PROCESSING METHOD

CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of Japanese Application No. 2002-378183 filed December 26, 2002 under the International (Paris) Convention for the Protection of Industrial Property (Stockholm Act, July 14, 1967), is hereby requested and the right of priority provided in 35 USC 119 is here claimed.

In support of this claim to priority a certified copy of said original foreign application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

George A. Loud
Reg. No. 25,814

Dated: February 4, 2004

LORUSSO, LOUD & KELLY
3137 Mount Vernon Avenue
Alexandria, VA 22305
(703) 739-9393

10/743314

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2002年12月26日
Date of Application:

出願番号 特願2002-378183
Application Number:

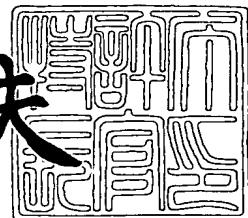
[ST. 10/C]: [JP2002-378183]

出願人
Applicant(s): 渡辺 励起
株式会社エフイーシー
高野精器有限会社
有限会社真空実験室

2003年12月15日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3103691

【書類名】 特許願
【整理番号】 FEC-01
【提出日】 平成14年12月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C23C 16/44
H01L 21/205
【発明の名称】 処理装置及び処理方法
【請求項の数】 25
【発明者】
【住所又は居所】 福島県福島市鎌田字川添3-8
【氏名】 渡辺 励起
【特許出願人】
【住所又は居所】 福島県福島市鎌田字川添3-8
【氏名又は名称】 渡辺 励起
【特許出願人】
【住所又は居所】 福島県福島市鎌田字川添3番地の8
【氏名又は名称】 株式会社エフイーシー
【特許出願人】
【住所又は居所】 福島県福島市飯坂町平野字田切19-8
【氏名又は名称】 高野精器有限会社
【特許出願人】
【住所又は居所】 茨城県つくば市大字小野崎332番地の2
【氏名又は名称】 有限会社真空実験室

【代理人】

【識別番号】 100091672

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋人形町3丁目11番7号 山西ビル
4階

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡本 啓三

【電話番号】 03-3663-2663

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013701

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 処理装置及び処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1以上のガス放出口を有する容器と、
前記容器内に設けられた、基板を載置する基板保持具と、
前記基板保持具と前記容器の側壁の間に設けられ、前記基板保持具の周りを回
転可能な、1以上の通気孔又は通気切欠部を有する回転体とを有し、
前記回転体の回転制御により、前記ガス放出口と前記回転体の通気孔又は通気
切欠部とが一致したときに前記ガス放出口から前記基板保持具上に前記ガスを放
出することを特徴とする処理装置。

【請求項 2】 前記回転制御は、回転の方向或いは速度、又はそれらの両
方を調整することであることを特徴とする請求項 1 記載の処理装置。

【請求項 3】 前記1以上のガス放出口は、反応ガスの放出口であること
を特徴とする請求項 1 又は 2 記載の処理装置。

【請求項 4】 前記1以上のガス放出口は、反応ガスの放出口とページ用
ガスの放出口とであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の処理装置。

【請求項 5】 前記反応ガスの放出口と前記ページ用ガスの放出口とが前
記基板保持具の周囲に沿って交互に配置されていることを特徴とする請求項 4 記
載の処理装置。

【請求項 6】 前記反応ガスの放出口は、相互に異なる種類の反応ガスを
放出することを特徴とする請求項 3 乃至 5 の何れか一に記載の処理装置。

【請求項 7】 前記容器の側壁の少なくとも上側の内面は平面状又はすり
鉢状を有し、該平面状又はすり鉢状の形状に対応して、前記回転体の上側の外
面は平面状又はすり鉢状を有し、かつ前記容器の平面状又はすり鉢状の側壁の内
面にフローティング用ガスの放出口が設けられており、

前記フローティング用ガスの放出により、前記回転体は前記容器の側壁の内
面に対して所定の間隔を保って浮上することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何
れか一に記載の処理装置。

【請求項 8】 前記フローティング用ガスの放出口は、前記容器の側壁の

平面状又はすり鉢状の内面の円周に沿って複数設けられていることを特徴とする請求項7記載の処理装置。

【請求項9】 前記容器の側壁の平面状又はすり鉢状の内面に排気口が設けられており、前記放出されたフローティング用ガスを該排気口より排気することを特徴とする請求項7又は8の何れか一に記載の処理装置。

【請求項10】 前記排気口は、前記容器の側壁の平面状又はすり鉢状の内面の円周に沿って複数設けられていることを特徴とする請求項9記載の処理装置。

【請求項11】 前記反応ガス及び前記バージ用ガスのガス圧力を調整し、かつ前記ガス放出口から放出されるガスの圧力変動を抑制する手段が設けられていることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一に記載の処理装置。

【請求項12】 前記回転体に固定された複数の磁石と、前記容器の外側周囲の複数の磁石とを備え、

前記容器の外側周囲の複数の磁石が前記容器の周りを回転することにより前記回転体が回転するようになっていることを特徴とする請求項1乃至11の何れか一に記載の処理装置。

【請求項13】 前記回転体に固定された複数の磁石と前記容器の外側周囲の複数の磁石との間の斥力により、前記容器の外側周囲の複数の磁石の位置に対して前記回転体の位置が固定されるようになっていることを特徴とする請求項12記載の処理装置。

【請求項14】 前記基板保持具は支持軸により支持され、かつ前記基板保持具は該支持軸を軸として回転するようになっていることを特徴とする請求項1乃至13の何れか一に記載の処理装置。

【請求項15】 前記基板保持具の基板の載置面は上下の位置を調整可能なようになっていることを特徴とする請求項1乃至14の何れか一に記載の処理装置。

【請求項16】 前記基板保持具に載置された基板を加熱する手段を有することを特徴とする請求項1乃至15の何れか一に記載の処理装置。

【請求項17】 前記容器には該容器の内部を減圧する排気手段が接続さ

れていることを特徴とする請求項1乃至16の何れか一に記載の処理装置。

【請求項18】 前記反応ガスへのエネルギー供給手段、又は前記反応ガスを活性化する触媒板を有することを特徴とする請求項1乃至17の何れか一に記載の処理装置。

【請求項19】 前記容器の上部に、前記容器の内部を観察し得るような透明な材料からなる上部隔壁が設けられていることを特徴とする請求項1乃至18の何れか一に記載の処理装置。

【請求項20】 前記容器の上部に、前記上部隔壁を通して前記処理状況を観察する手段が設けられていることを特徴とする請求項19記載の処理装置。

【請求項21】 前記反応ガスの分圧、前記ページ用ガスの分圧、前記フローティング用ガスの分圧、前記容器内の排気量、前記回転体の回転方向、前記回転体の回転速度、成膜の開始から終了までの前記回転体の全回転履歴、前記基板保持具の回転方向、及び前記基板保持具の回転速度のうち少なくとも何れか一を調整する制御手段を有することを特徴とする請求項1乃至20の何れか一に記載の処理装置。

【請求項22】 ガスを放出する1以上のガス放出口を基板の周囲に配置し、

前記基板と前記ガス放出口との間に、前記基板の周りを回転可能な、1以上の通気孔又は通気切欠部を有する回転体を準備し、

前記回転体の回転制御により、前記ガス放出口と前記回転体の通気孔又は通気切欠部とが一致したときに前記ガスを前記基板上に放出し、該放出されたガスにより前記基板を処理することを特徴とする処理方法。

【請求項23】 前記1以上のガス放出口は、反応ガスの放出口及びページ用ガスの放出口であり、かつ前記回転体の回転制御により、前記反応ガスと前記ページ用ガスとを前記基板上に交互に放出することを特徴とする請求項22記載の処理方法。

【請求項24】 前記回転制御は、回転の方向或いは速度、又はそれらの両方を調整することであることを特徴とする請求項22又は23記載の処理方法。

【請求項25】 前記基板上に1以上の原子層を形成することを特徴とする請求項22乃至24の何れか一に記載の処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、処理装置及び処理方法に関し、より詳しくは、基板上に一原子層ずつ堆積可能な原子層堆積方法(Atomic Layer Deposition(ALD)法又はAtomic Layer Epitaxy(ALE)法、以下、ALD法又はALE法と称する。)により成膜等を行う処理装置及び処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

ALD法による薄膜形成方法は、特許文献1乃至4や非特許文献1、2などに開示されている。ALD法による薄膜形成方法は、原料ガス（元素又は化合物）を昇温した基板上に供給して、基板表面上で化学吸着反応を起こさせ、原料と目的生成物との蒸気圧の差を利用することにより、1原子層又は1分子層ずつ多数繰り返して結晶を成長させて、目的の厚さの薄膜を形成させるボトムアップ型のCVD薄膜生成方法である。原料ガスは1種類でもよいし、2種類以上を用いて原子層等を交互に積層していくことも可能である。非特許文献1によれば、ALDウインドウと呼ばれる温度範囲に被成膜基板の温度を設定しておくことで堆積の飽和条件を作り出し、被成膜基板上に原料ガスが供給された場合、正確に一層ずつの原子層等の堆積が行われる。

【0003】

この方法は、原子層を1層毎に丁寧に確実に基板表面上に形成する方法だから、結晶欠陥の発生を極力抑えることができ、非常に質のよい、また大面積の薄膜形成が可能であるため、次世代の半導体チップや有機EL、液晶、ナノテクノロジーなどには不可欠の技術で、産業上はもちろん、学術的にも極めて重要な技術である。

【0004】

しかしながら、ALD法は自動車のフロントパネルの表示器などに実用化され

た程度で、薄膜を使った最大の産業である半導体製造技術としてはまだ普及していない。

【0005】

それは、ALD法は原子層を1層毎に丁寧に積層する方法であるため、所要の膜厚を得るまでに非常に長い時間を要することが最大の原因となっている。例えば、実用的な膜厚を得るまでに1万回から10万回の積層が必要であるが、現在のALD装置では1層の膜形成に最速でも1秒程度の時間を要しているため、所要の膜厚を得るまでに、数時間乃至1日を要する。このため、高い生産スピード、即ち高いスループットが要求される半導体製造技術として本格的な採用が見送られているのが現状である。

【0006】

成膜に時間を要することに対する解決手段の一つとして、基板を大きくするとともに、非特許文献1にも記載されているように、多数枚を同一チャンバ内に配置し、一度に処理するバッチ式処理が行われている。非特許文献1では、回転軸を中心にして回転し得る基板保持具に複数枚の被成膜基板を横方向或いは縦方向に保持した状態で、回転軸の周りに設けられた複数の原料ガス放出部に順次移動させて被成膜基板上に一原子層ずつ成膜を行うものである。

【0007】

このバッチ式の処理方法は、例えばパネル表示用の大きなガラス基板などの処理に適している。また、現時点における最大の直径が300mmであるシリコンウエハでも、25乃至50枚を一度に処理するバッチ式処理が中心となる。

【0008】

バッチ式処理の場合、ALD装置のチャンバは非常に大きなものになる。このチャンバ内で、反応ガスXの導入と、基板への吸着と、余剰ガスの排気と、プロセスガスの置換と、排気と、反応ガスYの導入と、基板への吸着と、余剰ガスの排気とを一サイクルとして複数サイクル繰り返すことになる。

【0009】

このような処理を行うALD装置では、一原子層の堆積に時間を要する上、チャンバ内においても、反応ガス分布の濃淡が生じ、ALD条件を満足せず、成膜

が不十分となるなどの問題が生じている。

【0010】

このようなバッチ式の処理装置に対して、現在ではシリコンウエハを一枚ずつ処理する枚葉式の処理装置の採用が進んでいる。これは、ウエハサイズが漸次大型化し、近い将来400mmが採用されようとしている状況では、プロセスエンジニアリングが容易であり、取り扱い、品質などあらゆる点で枚葉式の方がバッチ式に比べて優位になってきているためである。

【0011】

一方で、シリコンデバイスの集積度が高まり、微細化の要求がサブミクロンからナノレベルに移行しようとしている。それに伴い、ゲート薄膜などは数十乃至数百原子層の適用が検討されるに至り、かつこのような極めて薄い膜を無欠陥で形成する技術が要求されるようになってきている。

【0012】

また、産官学の半導体デバイス研究、機能材料研究、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーなどでは、薄膜形成装置は研究のために必要不可欠なツールである。そのような薄膜形成装置として、主に真空蒸着装置、スパッタ装置、又は、レーザアブレーションなどの物理的手法で成膜する、或いは最近では分子気体を基板上に導き、熱分解やプラズマ分解などで化学変化を起こさせる方法で発生させた分子原子を堆積させて薄膜を形成するCVD(Chemical Vapor Deposition)法に適用される成膜装置が使われるようになっている。

【0013】

しかし、ALD装置は種々の研究機関や研究開発のための薄膜形成ツールとしては普及していない。その最も大きな理由は、ALD装置は高価で、かつ大型のバッチ式が主流であり、また、取り扱いも複雑であり、その割には膜形成に非常に長い時間を要するためである。

【0014】

【特許文献1】

特開2002-4054号公報

【特許文献2】

米国特許5, 879, 459

【特許文献3】

米国特許6, 174, 377

【特許文献4】

米国特許6, 387, 185

【非特許文献1】

'Handbook of Thin Film Process Technology, B1.5:1- B1.5:17, 1995 IOP Publishing Ltd'

【非特許文献2】

電子材料, 2002年7月号, 29頁-34頁

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

上記したように、従来のALD装置では、原子層1層を形成するまでの1サイクルに要する時間が長いという問題があり、現状では、その欠点を補うために、バッチ式が主流となっており、装置が大型化している。従って、装置の小型化が可能な枚葉式で、十分にスループットを高めることができるALD装置が望まれている。

【0016】

また、飽和条件で成膜を行うことにより成膜条件の簡単な調整で1サイクルで原子層1層を堆積できるというALD法の特長を生かして、コンピュータ制御により成膜を行えるようにすることが望まれている。

【0017】

さらに、非特許文献2に記載されているように、ALD材料は大気中の水分などによって分解や変質などが起こり易い不安定化合物である。特に、High-k薄膜用途のALD材料は水分の影響で不揮発性で洗浄溶媒に不溶の固体分に変質するため、装置を分解して洗浄する必要がある。装置が複雑なバルブや細い径の配管などを備えている場合、装置の分解洗浄が大変となる。

【0018】

本発明は、上記の従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、原子層1層

を積層する1サイクルに要する時間の短縮を図ることができ、かつコンピュータ制御が可能で、装置部品の取り付けや取り外しを含むメインテナンスが容易で、かつ装置の分解洗浄が容易な処理装置及び処理方法を提供するものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】

上記した課題を解決するため、請求項1記載の発明は、処理装置に係り、1以上のガス放出口を有する容器と、前記容器内に設けられた、基板を載置する基板保持具と、前記基板保持具と前記容器の側壁の間に設けられ、前記基板保持具の周りを回転可能な、1以上の通気孔又は通気切欠部を有する回転体とを有し、前記回転体の回転制御により、前記ガス放出口と前記回転体の通気孔又は通気切欠部とが一致したときに前記ガス放出口から前記基板保持具上に前記ガスを放出することを特徴とし、

請求項2記載の発明は、前記回転制御は、回転の方向或いは速度、又はそれらの両方を調整することであることを特徴とし、

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の処理装置に係り、前記1以上のガス放出口は、反応ガスの放出口であることを特徴とし、

請求項4記載の発明は、請求項1又は2記載の処理装置に係り、前記1以上のガス放出口は、反応ガスの放出口とページ用ガスの放出口とであることを特徴とし、

請求項5記載の発明は、請求項4記載の処理装置に係り、前記反応ガスの放出口と前記ページ用ガスの放出口とが前記基板保持具の周囲に沿って交互に配置されていることを特徴とし、

請求項6記載の発明は、請求項3乃至5の何れか一に記載の処理装置に係り、前記反応ガスの放出口は、相互に異なる種類の反応ガスを放出することを特徴とし、

請求項7記載の発明は、請求項1乃至6の何れか一に記載の処理装置に係り、前記容器の側壁の少なくとも上側の内面は平面状又はすり鉢状を有し、該平面状又はすり鉢状の形状に対応して、前記回転体の上側の外面は平面状又はすり鉢状を有し、かつ前記容器の平面状又はすり鉢状の側壁の内面にフローティング用

ガスの放出口が設けられており、前記フローティング用ガスの放出により、前記回転体は前記容器の側壁の内面に対して所定の間隔を保って浮上することを特徴とし、

請求項 8 記載の発明は、請求項 7 記載の処理装置に係り、前記フローティング用ガスの放出口は、前記容器の側壁の平面状又はすり鉢状の内面の円周に沿って複数設けられていることを特徴とし、

請求項 9 記載の発明は、請求項 7 又は 8 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記容器の側壁の平面状又はすり鉢状の内面に排気口が設けられており、前記放出されたフローティング用ガスを該排気口より排気することを特徴とし、

請求項 10 記載の発明は、請求項 9 記載の処理装置に係り、前記排気口は、前記容器の側壁の平面状又はすり鉢状の内面の円周に沿って複数設けられていることを特徴とし、

請求項 11 記載の発明は、請求項 1 乃至 10 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記反応ガス及び前記バージ用ガスのガス圧力を調整し、かつ前記ガス放出口から放出されるガスの圧力変動を抑制する手段が設けられていることを特徴とし、

請求項 12 記載の発明は、請求項 1 乃至 11 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記回転体に固定された複数の磁石と、前記容器の外側周囲の複数の磁石とを備え、前記容器の外側周囲の複数の磁石が前記容器の周りを回転することにより前記回転体が回転するようになっていることを特徴とし、

請求項 13 記載の発明は、請求項 12 記載の処理装置に係り、前記回転体に固定された複数の磁石と前記容器の外側周囲の複数の磁石との間の斥力により、前記容器の外側周囲の複数の磁石の位置に対して前記回転体の位置が固定されるようになっていることを特徴とし、

請求項 14 記載の発明は、請求項 1 乃至 13 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記基板保持具は支持軸により支持され、かつ前記基板保持具は該支持軸を軸として回転するようになっていることを特徴とし、

請求項 15 記載の発明は、請求項 1 乃至 14 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記基板保持具の基板の載置面は上下の位置を調整可能なようになっている

ことを特徴とし、

請求項 16 記載の発明は、請求項 1 乃至 15 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記基板保持具に載置された基板を加熱する手段を有することを特徴とし、

請求項 17 記載の発明は、請求項 1 乃至 16 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記容器には該容器の内部を減圧する排気手段が接続されていることを特徴とし、

請求項 18 記載の発明は、請求項 1 乃至 17 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記反応ガスへのエネルギー供給手段、又は前記反応ガスを活性化する触媒板を有することを特徴とし、

請求項 19 記載の発明は、請求項 1 乃至 18 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記容器の上部に、前記容器の内部を観察し得るような透明な材料からなる上部隔壁が設けられていることを特徴とし、

請求項 20 記載の発明は、請求項 19 記載の処理装置に係り、前記容器の上部に、前記上部隔壁を通して前記処理状況を観察する手段が設けられていることを特徴とし、

請求項 21 記載の発明は、請求項 1 乃至 20 の何れか一に記載の処理装置に係り、前記反応ガスの分圧、前記バージ用ガスの分圧、前記フローティング用ガスの分圧、前記容器内の排気量、前記回転体の回転方向、前記回転体の回転速度、成膜の開始から終了までの前記回転体の全回転履歴、及び前記基板保持具の回転方向、及び前記基板保持具の回転速度のうち少なくとも何れか一を調整する制御手段を有することを特徴とし、

請求項 22 記載の発明は、処理方法に係り、ガスを放出する 1 以上のガス放出口を基板の周囲に配置し、前記基板と前記ガス放出口との間に、前記基板の周りを回転可能な、1 以上の通気孔又は通気切欠部を有する回転体を準備し、前記回転体の回転制御により、前記ガス放出口と前記回転体の通気孔又は通気切欠部とが一致したときに前記ガスを前記基板上に放出し、該放出されたガスにより前記基板を処理することを特徴とし、

請求項 23 記載の発明は、請求項 22 記載の処理方法に係り、前記 1 以上のガス放出口は、反応ガスの放出口及びバージ用ガスの放出口であり、かつ前記回転

体の回転制御により、前記反応ガスと前記ページ用ガスとを前記基板上に交互に放出することを特徴とし、

請求項24記載の発明は、請求項22又は23記載の処理方法に係り、前記回転制御は、回転の方向或いは速度、又はそれらの両方を調整することであることを特徴とし、

請求項25記載の発明は、請求項22乃至24の何れか一に記載の処理方法に係り、前記基板上に1以上の原子層を形成することを特徴としている。

【0020】

この発明の処理装置は、1以上のガス放出口を有する容器と、容器内に設けられた基板保持具と、基板保持具とガス放出口の間に、基板保持具の周りを回転可能な、1以上の通気孔又は通気切欠部を有する回転体とを有し、回転体の回転制御により、ガス放出口と回転体の通気孔等とが一致したときにガス放出口から基板保持具上にガスを放出することを特徴としている。

【0021】

即ち、回転する回転体がガスの切り換え機能を有する。従って、この処理装置を成膜に適用する場合、同じ層を多層に、或いは異なる層を多層に、かつ膜厚を制御して成膜することが可能となる。また、エッチング装置に適用した場合、エッチングガスの放出量を制御することができ、これにより、多層を制御性良くエッチングすることができる。

【0022】

特に、ALD装置に適用した場合、1以上のガス放出口として反応ガスの放出口を設けた場合、回転体の回転により、原子層の堆積が一層ごとに可能となる。また、回転体の回転の方向を調整することにより、堆積順序などを適宜変えて、膜構成を適宜調整することができる。さらに、回転体の回転速度を調整するだけで、堆積スピードを簡単に調整できる。さらに、反応ガスの一つとしてドーパントガスを用いることにより、例えば半導体層の堆積層の間にドーパント原子層を挟むように堆積することで、n型又はp型の導電型が付与された半導体膜を形成することができる。さらに、反応ガスの放出口とページ用ガスの放出口とを設け、基板保持具の周囲にそれらを交互に配置した場合、一原子層の堆積と反応ガス

のページとを交互に行うことが可能となる。反応ガスのページは瞬時に行われるため、成膜速度を向上させることができる。

【0023】

また、回転体が固定されていないため、回転体を簡単に取り外すことができ、これにより、回転体やガス供給側を含む装置の分解洗浄が容易になる。また、回転体を取り外した後のガス配管系を含む成膜室内の洗浄が容易となる。

【0024】

また、回転体を浮上させてクリアランスを調整することができるので、容器と回転体を最初に整合性良く作成しておくことにより、容器と回転体間の相互の位置精度出しが容易で、非常に狭いクリアランスを保つことができる。

【0025】

さらに、反応ガス及びページ用ガスのガス圧力を調整し、かつガス放出口から放出されるガスの圧力変動を抑制する手段が設けられているため、回転体が回転してそれらのガスの放出及び非放出が繰り返されるときに、放出時及び非放出時でガス圧力が変動するのを抑制することができる。このため、その変動圧力を回転体が受けことを防止することができ、これにより、安定したクリアランスを確保できる。さらに、圧力変動を抑制することにより、通気孔等同士が一致したときに流れ込むガスの量を一定に保つことができる。

【0026】

また、この発明の処理方法は、回転体を回転制御することにより、ガス放出口と回転体の通気孔等とが一致したときにガス放出口から基板上にガスを放出する。このため、ガスの放出量を精度良く制御することができるので、精度の良い膜厚制御やエッチング制御を行うことができる。

【0027】

特に、この発明の処理方法をALD方法に適用した場合、1以上のガス放出口として反応ガスの放出口とページ用ガスの放出口とを設け、基板保持具の周囲にそれらを交互に配置し、回転体を回転制御させることにより、反応ガスの放出とページ用ガスの放出を行っている。従って、反応ガスを放出して一層の原子層を堆積した後、ページ用ガスの放出により被成膜基板上に残留する反応ガス

を瞬時に排出することが可能となる。これにより、1層以上の原子層の堆積を高速に行うことができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0029】

(第1の実施の形態)

(i) A L D装置の構成

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る原子層堆積装置（以下、A L D装置又はA L E装置と称する。）の全体の構成を示す側面図である。

【0030】

A L D装置の全体の構成は、図1に示すように、側部隔壁1と上部隔壁5と下部隔壁20とで外部と隔てられた減圧容器と、減圧容器内に設けられ、側部隔壁1に沿って左右両方向に回転可能なロータ（回転体）2と、ロータ2の内側に設置され、支持軸4aに支持された基板保持具4と、ロータ2を回転させる手段7とを備えている。ロータ2の内側及び基板保持具4と上部隔壁5との隙間が成膜室3となる。上部隔壁5は、減圧容器の内部、特に成膜室3を観察し得るような透明な材料で作成されている。

【0031】

また、減圧容器の上部隔壁5に接続された排気配管8と、側部隔壁1の下部に接続された排気配管9とを備えている。特に、上部の排気配管8内には質量分析計（Q M S）が設置され、成膜室3内に導入されるガスの種類及び化学反応情報を監視できるようになっている。各排気配管8、9には図示しない排気手段が接続されている。なお、基板保持具4の上方に、成膜状況を観察する手段、成膜を円滑容易ならしめるエネルギー供給源、基板加熱手段としてのランプ加熱手段、ガス活性化のための触媒板、又はプラズマ生成手段等を取り付けることが可能である。この場合、上部の排気配管8及び質量分析計（Q M S）を適宜省略し、かつ上部隔壁5をもっと上部に配置して、上部隔壁5と基板保持具4との間に適当な空間を設けるようにする。

【0032】

さらに、反応ガスA、Bをそれぞれ減圧容器内に導くため、2つの通気孔（第1の通気孔）12、14が減圧容器の側部隔壁1に設けられている。2つの通気孔12、14はそれぞれ側部隔壁1の内面で内部開口（ガス放出口）に終端している。また、図1には明示されていないが、ページ用ガスP1、P2を減圧容器に導くため、2つの通気孔（第2の通気孔）が同じく減圧容器の側部隔壁1に設けられている。ページ用ガスP1、P2を導くための2つの通気孔はそれぞれ側部隔壁1の内面で異なる内部開口（ガス放出口）に終端している。反応ガスA、Bを導くため2つの通気孔12、14の内部開口とページ用ガスP1、P2を導くための2つの通気孔の内部開口とは、基板保持具4の周りに90度毎に、反応ガスAの通気孔12の内部開口と、ページ用ガスP1の通気孔の内部開口と、反応ガスBの通気孔14の内部開口と、ページ用ガスP2の通気孔の内部開口というように交互に配置されている。

【0033】

また、反応ガスA、B及びページ用ガスP1、P2の各ガス供給部から対応する通気孔に至る途中にそれぞれリザーバ10a、10b、10d、10eが設けられている。なお、図1中には、ページ用ガスのリザーバ10d、10eは明示されておらず、符号だけを記載している。

【0034】

リザーバ10a、10b、10d、10eは、ガス圧を低減する機能を有する。これにより、浮上して回転し、シャッタ機能を有するロータ2に対して、塞がれたガス放出口に導かれたガスからあまり強い圧力がかからないようにする。さらに、リザーバ10a、10b、10d、10eによって減圧した結果、リザーバ10a、10b、10d、10eと成膜室3間の差圧が低下することで、ロータ2の通気孔とガス放出口が一致したときに流れ込むガスの量が極端に少なくななるよう、ガス放出口（第1の通気孔）12、14、ページ用ガスP1、P2を導くための2つの通気孔の配管はある程度太い配管とする。

【0035】

また、リザーバ10a、10b、10d、10eは、ALD装置の動作中に成

膜室3内へのガスの放出及び放出停止により反応ガスA、B及びバージ用ガスP1、P2のガス圧が変動しないようにするような機能をも有する。これにより、下記するように浮上したロータ2が反応ガスA、B及びバージ用ガスP1、P2からの変動圧力を受けることを防止し、これにより、安定したクリアランスを確保できる。

【0036】

また、図1には図示されていないが、減圧容器の側部隔壁1には、ロータ2を側部隔壁1に対して浮上させるフローティング用ガスを側部隔壁1とロータ2の間の隙間に導く第4の通気孔が設けられている。フローティング用ガスの供給部は、リザーバ10cを介して、第4の通気孔の外部開口に接続されている。なお、フローティング用ガスは、反応ガスやバージ用ガスなどと比べて装置の動作中にガス圧力があまり変動しないので、図10(a)に示すように、フローティング用ガスのリザーバ10cは省略し、配管11cを第4の通気孔17の外部開口17bに直結することも可能である。

【0037】

なお、図1中、符号「DG」は圧力計を示し、各リザーバ10a、10b、10d、10eと、下部の排気配管9に取り付けられている。また、符号「MFC」はマスフローコントローラを示し、配管中を流れるガスの流量を調整する機能を有する。MFCは、反応ガス、バージ用ガス、フローティング用ガスの各配管11c、11d、11eに設置されている。

【0038】

次に、図2を参照して、ALD装置のうち、減圧容器の側部隔壁1と、ロータ(回転体)2と、基板保持具4の詳細な構造及び相互の配置について説明する。図2は斜視図であり、説明のために、中心軸Cを一致させてロータ2と基板保持具4とを減圧容器から上方に引き出した状態を示している。

【0039】

図2に示すように、減圧容器は、側部隔壁1の少なくとも上部の内面が上方に開いたすり鉢状を有し、その内面は中心軸Cに対して対称な形状を有する。

【0040】

ロータ2は、側部隔壁1の内面の形状に対応して、ロータ2の上部の外面が上方に開いたすり鉢状を有し、その外面は中心軸Cに対して対称な形状を有する。ロータ2は、フローティング用ガスにより浮上して減圧容器の側部隔壁1の内面に沿って中心軸Cの周りを左右両方向に回転し得るようになっている。なお、図中、符号19aはロータ2の下部に固定して設けられた内部磁石を示している。後に、図5(a)、(b)によって説明するように、それらの内部磁石19aはロータ2の回転に寄与する。

【0041】

また、基板保持具4は支持軸4aに支持され、ロータ2の内側に設けられている。そして、中心軸Cに略垂直な基板載置面を有し、基板載置面には被成膜基板が載置され、静電チャックや真空チャックなどにより固定される。そして、基板保持具4にヒータが内蔵され、そのヒータにより被成膜基板を加熱し得るようになっている。

【0042】

側部隔壁1には、側部隔壁1を貫通する通気孔が4つ、即ち、反応ガスA、Bを導く第1の通気孔12、14が2つと、バージ用ガスP1、P2を導く第2の通気孔が2つ設けられている。各通気孔はすり鉢状の部分の側部隔壁1の内面で内部開口（ガス放出口）12a乃至15aに終端し、側部隔壁1の外面で外部開口12b乃至15bに終端している。第1及び第2の通気孔12乃至15の内部開口12a乃至15aは、中心軸Cの周りの円周に沿って90度の間隔を置いて交互に配置されている。なお、図2中、括弧内の以下の符号で示すものは図2中に明示されていないが、13bは側部隔壁の外面に終端するバージ用ガスP1の通気孔の外部開口を示し、15aは側部隔壁の内面に終端するバージ用ガスP2の通気孔の内部開口を示し、17bはフローティング用ガスの通気孔の外部開口を示す。

【0043】

2つの第1の通気孔12、14の外部開口12b、14bにはそれぞれ反応ガスA、Bの供給部が接続されて、第1の通気孔12、14はそれぞれ外部開口12b、14bから内部開口12a、14aに反応ガスA、Bを導く。さらに、2

つの第2の通気孔の外部開口13b、15bにそれぞれバージ用ガスP1、P2の供給部が接続され、第2の通気孔はそれぞれ外部開口13b、15bから内部開口13a、15aにバージ用ガスP1、P2を導く。

【0044】

また、ロータ2には、この実施形態では縦方向にロータ（回転体）2を貫通し、ロータ2の外面で外側開口16bに終端し、ロータ2の内面で内側開口16aに終端する第3の通気孔が設けられている。第3の通気孔の内側開口16aは、基板保持具4をセットしたときに、基板保持具4の横の方に来る位置に設けられている。ロータ2の内側が成膜室3となる。ロータ2が回転し、第1の通気孔12、14と第3の通気孔とを通して反応ガス供給部と成膜室3内部が繋がったときに、反応ガスA、Bが第3の通気孔を上方に流れて、基板保持具4上に放出され、第2の通気孔と第3の通気孔とを通してバージ用ガス供給部と成膜室3内部が繋がったときに、バージ用ガスP1、P2が第3の通気孔を上方に流れて、基板保持具4上に放出されるようになっている。

【0045】

また、側部隔壁1にはフローティング用ガスを導く第4の通気孔が8個設けられている。それぞれの第4の通気孔はすり鉢状の部分の側部隔壁1の内面で内部開口（ガス放出口）17aに終端し、側部隔壁1の外面で外部開口17bに終端している。また、すり鉢状の部分の側部隔壁1の内面であって、中心軸Cの周りの円周に沿う上下2カ所の帯状領域にそれぞれフローティング用ガスのガス溜まりとなる帯状凹部6が設けられている。各帯状凹部6には円周に沿って等間隔で4カ所ずつ第4の通気孔17の内部開口17aが配置されている。

【0046】

第4の通気孔17の外部開口17bにフローティング用ガス供給部が接続され、第4の通気孔17は外部開口17bから内部開口17aにフローティング用ガスを導く。フローティング用ガスが第4の通気孔17の内部開口17aから減圧容器の側部隔壁1とロータ（回転体）2の間の隙間に放出されることにより、ロータ2が側部隔壁1に対して所定の間隔（クリアランス）を保って浮上する。その間隔は、主にロータ2の重量やフローティング用ガスの圧力により調整可能で

ある。その間隔は、所謂ニューマティックハンマー現象の発生や、反応ガスの成膜室3外へのリーク及びフローイング用ガスの成膜室3内へのリークに影響を及ぼすため、十分に調整する必要がある。なお、ニューマティックハンマー現象とは、気体の圧縮性に起因した自励振動のことをいう。

【0047】

次に、図3は、ロータ（回転体）2の第3の通気孔16の外側開口16bが回転により側部隔壁1の第1の通気孔12の内部開口12aの横の方に移動して、反応ガスAの供給部と成膜室3内部とが繋がった状態を示す断面図である。また、同じ図に、ロータ2の内面に形成した帯状凹部（ガス溜まり）6a、6bに、フローイング用ガスを導く第4の通気孔17の内側開口17aが終端している様子を示す。

【0048】

図3に示すように、ロータ2が回転し、第1の通気孔12、14と第3の通気孔16とを通して反応ガス供給部と成膜室3内部が繋がったときに、反応ガスA、Bが基板保持具4上に放出され、第2の通気孔と第3の通気孔16とを通してバージ用ガス供給部と成膜室3内部が繋がったときに、バージ用ガスP1、P2が基板保持具4上に放出されるようになっている。

【0049】

なお、第4の通気孔17に関し、絞り比（Po/Ps）は、ロータ2が側部隔壁1に対して浮上するための差圧が生じるように適宜設定する。

【0050】

更に、図5（a）、（b）に示すように、ロータ2の内側に、複数の永久磁石19aがともに、S極を外側に向けるようにして設けられている。減圧容器の側部隔壁1の外側周囲には、一体的に左右両方向に回転可能な複数の永久磁石19bがともに、S極を減圧容器の側部隔壁1の側に向けるようにして設けられている。

【0051】

ロータ2は、減圧容器の周囲に設けられた外部の永久磁石19bと内部の永久磁石19aとの間で相互に働く斥力により外部の永久磁石19bに対する相対位

置が固定される。さらに、減圧容器の側部隔壁1の周囲に沿った外部の永久磁石19bの一体的な回転により、内部の永久磁石19aが設置されたロータ2が中心軸Cの周りを左右両方向に回転するようになっている。

【0052】

さらに、反応ガスA、Bの分圧、バージ用ガスP1、P2の分圧、フローティング用ガスの分圧、容器内の排気量、ロータ2の回転方向、ロータ2の回転速度及び成膜の開始から終了までのロータ2の全回転数のうち少なくとも何れか一を調整する制御手段を設けることができる。これにより、堆積の自動制御を行うことも可能である。

【0053】

なお、減圧容器の上部隔壁5、側部隔壁1、及び下部隔壁20の各材料、ロータ（回転体）2の材料、基板保持具4の材料として、基板加熱時の熱や、洗浄用の薬品に対して耐性のある材料、例えばステンレス、石英ガラス、パイレックスガラス、又はセラミックスなどを適宜選択して用いることができる。

【0054】

以上のように、この発明の実施形態に係るALD装置によれば、被成膜基板の周囲に沿って反応ガス放出口とバージ用ガス放出口を交互に配置し、反応ガス放出口及びバージ用ガス放出口と被成膜基板の間に一ヵ所に通気孔を有し、被成膜基板の周囲を左右両方向に回転可能なロータ2を設け、そのロータ2を反応ガス及びバージ用ガスの切換え手段として用いている。

【0055】

ロータ2を回転制御することにより、反応ガスの放出とバージ用ガスの放出を交互に行うことができる。従って、反応ガスを放出して一層の原子層を堆積した後、バージ用ガスの放出により被成膜基板上に残留するバージ用ガスを瞬時に排出することが可能となる。これにより、多数の原子層の堆積を高速に行うことができる。

【0056】

また、側部隔壁1にフローティング用ガスの通気孔17を設け、内部開口17aからロータ2と側部隔壁1の隙間にフローティング用ガスを放出可能としてい

る。このため、側部隔壁1に対してロータ2を浮上させた状態でロータ2の回転を行わせることができる。これにより、ロータ2の回転に際し、機械的な接触を回避することができるので、側部隔壁1やロータ2等の磨耗を防止し、かつ磨耗により発生するパーティクルに起因する成膜室3内部の汚染を防止することができる。

【0057】

また、ロータ2が、側部隔壁1及び基板保持具4などから分離して設けられているため、ロータ2の取り外しを簡単に行える。従って、ロータ2のクリーニングが容易となり、また、ロータ2を取り除いた後の減圧容器の内部を含むガス供給側の機構や基板保持具4などのクリーニングが容易となる。

【0058】

また、側部隔壁1に対してロータ2を浮上させてクリアランスを調整するようになっているため、容器とロータ2を最初に整合性良く作成しておけば、クリーニング等のために部品を分解した後で組み合わせる際に、ロータ2と側部隔壁1との軸合わせ等、相互の位置精度出しが容易で、安定したかつ非常に狭いクリアランスを実現することが可能である。

【0059】

(ii) A L D装置を用いた成膜方法

次に、上記A L D装置を用いて被成膜基板上に成膜する方法について、図面を参照して説明する。

【0060】

図11（a）乃至（h）は、被成膜基板上に一原子層ずつ堆積する方法について説明するための、上記A L D装置の上部から成膜室3を観察した平面図である。中心軸の周りを回転するロータ（回転体）2の動きと、反応ガスとバージ用ガスの流れを順に記載している。本成膜方法では、ロータ（回転体）2を右側一方に向かせるものとする。また、下記する反応ガスのうちから2種類の異なる反応ガスを用いるものとするが、説明ではそれらを一般化してA、Bと表示する。

【0061】

図12（a）乃至（d）は、上記A L D装置の動作中において、キャリアガス

により運ばれる反応ガスA、Bと、バージ用ガスP1、P2と、フローティング用ガスの成膜室3内の分圧を示すタイミングチャートであり、図12(e)は成膜室3内の全圧力変化を示すタイミングチャートである。バージ用ガスP1、P2及びフローティング用ガスとして窒素を用いる。

【0062】

なお、図12(a)乃至(e)において、分圧が高いときに分圧が漸次低下していることを示す傾斜は排気のみによる分圧の低下を示し、分圧の急激な低下はバージ用ガスによる不要ガスの強制的な排除による分圧の低下を示す。成膜室3内の各ガスの圧力が高い分圧となっている期間はロータ2の回転周期のほぼ1/4となる。フローティング用ガスは成膜室3内に少なからず流れ込むが、この量は一定であるため、予め、この一定の流量に基づいて反応ガス中の反応物質の濃度を高めておくことで、成膜室3内の反応物質量の濃度を適度に確保することが可能である。

【0063】

図12(a)乃至(e)のタイミングチャートにより、成膜室3内部への各ガスの流入と流出がどのようになるかが分かる。即ち、回転周期を1秒とすると、反応ガスA、Bは約0.25秒の間だけ成膜室3内に存在し、バージ用ガスP1、P2の導入によりほとんど瞬時に成膜室3内からほぼ完全に排出される。実験では、バージ用ガスP1、P2の導入によりガス残留量が3桁乃至4桁程度急激に低下することを確認することができた。

【0064】

また、図13(a)、(b)は被成膜基板101上に一原子層ずつ堆積する様子を示す断面図である。なお、図中、符号Aは反応ガスAのA原子を示し、符号Bは反応ガスBのB原子を示し、符号Cは、キャリアガスの原子又は分子を示す。

【0065】

ALD装置を用いた成膜方法では、まず、図1のALD装置の上部隔壁5を開けて基板保持具4の載置面に被成膜基板101を載せ、静電チャックなどにより固定する。続いて、上部隔壁5を閉めて成膜室3内部を密閉した後、反応ガスの

種類に応じて、基板保持具4に内蔵されたヒータを20～1200℃の温度範囲で適切な温度に設定し、被成膜基板を加熱する。この場合、反応ガスA、BのALDウインドウの範囲に該当する温度条件に設定する。

【0066】

次いで、排気装置により減圧容器内部を排気する。所定の圧力に達した後、ガス圧力が数百Pa乃至数万Paの範囲で適切な圧力に調整されたフローティング用ガスを第4の通気孔17に供給して、減圧容器の側部隔壁1に対してロータ2を浮上させる。なお、フローティング用ガスの圧力をあまり高くすると、クリアランスが非常に大きくなり、また、成膜室3内のフローティング用ガスの分圧が大きくなりすぎるため、フローティング用ガスの圧力は適度に低くする。

【0067】

次いで、反応ガスAを側部隔壁1の通気孔12と繋がっている外部開口12bに供給し、反応ガスBを側部隔壁1の通気孔14と繋がっている外部開口14bに供給する。反応ガスA、Bに関し、必要な場合、キャリアガスを用いる。そして、反応ガスA、Bの分圧をそれぞれ1Pa乃至10Paの範囲で適切な圧力に設定する。また、パージ用ガスP1、P2を側部隔壁1の通気孔13、15とそれぞれ繋がっている外部開口13b、15bに供給する。この場合、反応ガス、パージ用ガス及びフローティング用ガスのうち少なくとも何れか一を含む成膜室3内の全圧力が100Pa乃至1万Paの範囲で適切な圧力となるように、ガス分圧や排気量を調節する。

【0068】

所定の圧力に達した時点でロータ2を、例えば1回転／秒の回転スピードで回転させる。

【0069】

以下では、図11(a)に示すように、側部隔壁1のパージ用ガスP2を導く通気孔15の横にロータ2の通気孔16がきたときから成膜方法を説明する。

【0070】

図11(a)に示すように、ロータ2の通気孔16が側部隔壁1の通気孔15の横にきて、パージ用ガス供給部と成膜室3内部とが繋がると、被成膜基板10

1の被成膜面にバージ用ガスが放出される。このとき、バージ用ガスの圧力により被成膜面上に残留する不要なガスが急激に押し退けられて、減圧容器の下部に接続された排気装置へのガス流となって減圧容器内部から排出される。

【0071】

ロータ2が回転し、ロータ2の通気孔16が図11（b）の側部隔壁1の通気孔15から側部隔壁1の通気孔12へと動く。この間には、残留するバージ用ガスは被成膜基板101の被成膜面上から排気により排出される。

【0072】

次いで、図11（c）に示すように、ロータ2の通気孔16が側部隔壁1の反応ガスAの通気孔12の横にきて、反応ガスAの供給部と成膜室3内部とが繋がると、被成膜基板101の被成膜面に反応ガスAが放出される。このとき、反応ガスAの圧力はフローティング用ガスの圧力よりも小さくなっている。これにより、側部隔壁1とロータ（回転体）2との間の隙間への反応ガスAのリークが抑制される。

【0073】

一方、被成膜基板の被成膜面上は、一原子層を成膜するのに十分な量の反応ガスAで満たされて成膜が始まる。図11（d）に示すように、ロータ2の通気孔16が次の通気孔13の横に移動するまでに、被成膜基板101上にA原子からなる一原子層102が成膜される。この様子を、図13（a）に示す。なお、反応ガスAは排気により徐々に減少する。

【0074】

次に、図11（e）に示すように、ロータ2の通気孔16が側部隔壁1の通気孔13の横にきて、バージ用ガス供給部と成膜室3内部とが繋がると、被成膜基板101の被成膜面にバージ用ガスが放出される。このとき、バージ用ガスにより被成膜面上に残留する反応ガスAがほとんど瞬時に押し退けられて、減圧容器の下部に接続された排気装置へのガス流となって減圧容器内部から排気される。

【0075】

引き続き、ロータ2が回転し、ロータ2の通気孔16が図11（f）の側部隔壁1の通気孔13から側部隔壁1の通気孔14へと動く。この間には、残留する

ページ用ガスは被成膜基板101の被成膜面上から排気により排出される。

【0076】

次いで、図11（g）に示すように、ロータ2の通気孔16が側部隔壁1の反応ガスBの通気孔14の横にきて、反応ガスBの供給部と成膜室3内部とが繋がると、被成膜基板101の被成膜面に反応ガスBが放出される。このとき、反応ガスBの圧力はフローディング用ガスの圧力よりも小さくなっている。これにより、側部隔壁1とロータ（回転体）2との間の隙間への反応ガスBのリークが抑制される。

【0077】

一方、被成膜基板101の被成膜面上には、一原子層を成膜するのに十分な量の反応ガスBで満たされて成膜が始まる。図11（h）に示すように、ロータ2の通気孔16が次の通気孔15の横に移動するまでに、被成膜基板101上のA原子からなる一原子層102の上にB原子からなる一原子層103が成膜される。この様子を、図13（b）に示す。なお、反応ガスBは排気により徐々に減少する。

【0078】

その後、図11（a）に戻り、ページ用ガスの放出により、成膜室3内部から反応ガスBがほとんど瞬時に排出されることになる。引き続き、ロータ2の回転を続けることにより、図11（a）乃至（h）の状態を経て一回転毎にA原子層とその上のB原子層とが順次積層されていく。この場合、開始から終了までのロータ2の回転数を予め設定しておくことにより、回転数に応じてA原子層とB原子層とが交互に積層された膜を所定の膜厚で成膜することができる。

【0079】

以上のように、この発明の実施形態の成膜方法によれば、ロータ2を回転させることにより、反応ガスの放出とページ用ガスの放出を交互に行っている。従って、反応ガスを放出して一層の原子層を堆積した後、ページ用ガスの放出により被成膜基板101上に残留する反応ガスを瞬時に排出することが可能となる。これにより、多数の原子層の堆積を高速に行うことができる。

【0080】

(iii) 反応ガス、バージ用ガス及びフローティング用ガスの種類

以下に、この実施形態に係るALD装置及びALD法による成膜方法に用いられる反応ガス、バージ用ガス及びフローティング用ガスの種類について説明する。なお、上記記載した反応ガスは例示であり、これに限定されるものではない。

【0081】

なお、成膜にあたっては、形成膜の種類にあわせて下記反応ガス等を適当に組み合わせて用いる。この場合も、所謂ALDウインドウの温度範囲で反応ガスを使用することが好ましい。

【0082】

(a) 反応ガス

マグネシウム(Mg)・・Cp₂Mg、カルシウム(Ca)・・Ca(thd)₂、ストロンチウム(Sr)・・Sr(thd)₂、亜鉛(Zn)・・Zn, ZnCl₂, (CH₃)₂Zn, (C₂H₅)₂Zn、カドミウム(Cd)・・Cd, CdCl₂、アルミニウム(Al)・・(CH₃)₃Al, (C₂H₅)₃Al, (i-C₄H₉)₃Al, AlCl₃, (C₂H₅O)₃Al、ガリウム(Ga)・・(CH₃)₃Ga, (C₂H₅)₃Ga, (C₂H₅)₂GaCl、インジウム(In)・・(CH₃)₃In, (C₂H₅)₃In, (C₂H₅)₂InCl、炭素(C)・・C₂H₂、シリコン(Si)・・Si₂H₆, SiH₄, SiH₂Cl₂, Si₂Cl₆、ゲルマニウム(Ge)・・GeH₄、錫(Sn)・・SnCl₄、鉛(Pb)・・Pb[(OBu^t)₂]_{m=2,3}, Pb₄O(OBu^t)₆, Pb(thd)₂, Pb(dedtc)₂、窒素(N)・・NH₃、磷(P)・・PH₃、砒素(As)・・AsH₃、アンチモン(Sb)・・SbCl₅、酸素(O)・・O₂, O₃, H₂O, H₂O-H₂O₂, CxHyOH、硫黄(S)・・H₂S、セレンium(Se)・・Se, H₂Se、テルル(Te)・・Te、チタン(Ti)・・TiCl₄, Ti(O_iPr)₄、ジルコニウム(Zr)・・ZrI₄, ZrCl₄, CpZr(CH₃)₂, Cp₂ZrCl₂ (Cp=cyclopentadienyl), Zr(thd)₄ (thd=3,3,5,5' tetramethylheptane-3,5'-dionate), Zr(OC(CH₃)₃)₄, Zr[OC(CH₃)₃]₂(dmae)₂ (dmae=dimethylamino-ethoxide)、ニオブ(Nb)・・NbCl₅、タンタル(Ta)・・TaCl₅、モリブデン(Mo)・・MoCl₅、セリウム(Ce)・・Ce(thd)₄、ハフニウム(Hf)・・Hf[N(CH₃)(C₂H₅)]₄, Hf[N(CH₃)₂]₄, Hf[N(C₂H₅)₂]₄, Hf(NO₃)₄、その他・・(CH₃)₂CHOH, NO₂

なお、上記反応ガスのうちには、半導体膜に導電性を付与するドーパントガスとして用いることができるガスもある。適宜、使い分けることができる。

【0083】

(b) パージ用ガス

N₂, He, Ne, Ar, Krなど

(c) フローティング用ガス

N₂, He, Ne, Ar, Krなど

(第2の実施の形態)

(i) A L D装置の構成

図14 (a) は、本発明の第2の実施の形態のA L D装置の構成について示す平面図である。

【0084】

第1の実施の形態のA L D装置と異なるところは、3種類の反応ガスA、B、Cが放出される放出口31、33、35を有する点である。パージ用ガスP1乃至P3の放出口32、34、36は各反応ガスA、B、Cの放出口31、33、35の間にそれぞれ設けられている。また、ロータ2の内側及び上部隔壁と基板保持具との間の空間が成膜室3となっている。

【0085】

なお、1つの通気孔16を有するロータ2が左右両方向に回転することは第1の実施の形態と同じである。その他の構成も、第1の実施の形態と同じである。

【0086】

ロータ2の左右の回転制御によりロータ2の通気孔16とガス放出口31乃至36が一致したときに、対応する反応ガスA乃至Cやパージ用ガスP1乃至P3が成膜室3内に放出される。

【0087】

図14 (b) は、第2の実施の形態に係るA L D装置の他の構成を示す平面図である。

【0088】

図14 (a) と異なるところは、4種類の反応ガスA乃至Dの放出口41、43、47、45を備えている点である。この場合は、それぞれの反応ガスA、B、D、Cの放出口41、43、47、45の間にパージ用ガスP1乃至P4の放出口42、43、46、48が設けられている。また、ロータ2の内側及び上部

隔壁と基板保持具との間の空間が成膜室3となっている。

【0089】

なお、1つの通気孔1.6を有するロータ2が左右両方向に回転することは第1の実施の形態と同じである。その他の構成も、第1の実施の形態と同じである。

【0090】

ロータ2の左右の回転制御によりロータ2の通気孔1.6とガス放出口4.1乃至4.8が一致したときに、対応する反応ガスA乃至Dやバージ用ガスP1乃至P4が成膜室3内に放出される。

【0091】

なお、上記第2の実施の形態のALD装置をコンピュータ制御する場合、反応ガスの分圧、バージ用ガスの分圧、フローティング用ガスの分圧、容器内の排気量、ロータ2の回転方向、ロータ2の回転速度及び成膜の開始から終了までのロータ2の全回転履歴のうち少なくとも何れか一を制御することができる。基板保持具を回転させる場合には、その回転方向或いは速度、又はそれらの両方を制御することも可能である。これにより、堆積の自動制御が可能となる。

【0092】

以上のように、この実施の形態のALD装置においては、反応ガスの放出口の数を3つ以上有し、かつロータ2が左右両方向に回転し得るようになっている。従って、3層以上の異なる原子層を、全体の堆積膜中の原子層の構成割合を自在に制御して堆積することができる。しかも、ロータ2は反応ガス及びバージ用ガスの切り換え機能を有するので、ロータ2の回転履歴を制御するだけで、任意の構成の膜を高速に成膜することができる。

【0093】

(ii) ALD装置を用いた成膜方法

次に、図14(a)及び図15(a)を参照して、第2の実施の形態のALD装置を用いた成膜方法について説明する。第2の実施の形態の成膜方法において、反応ガスA、B、C及びバージ用ガスP1、P2、P3を用いるほかに、ロータ2を左右両方向に回転させることが第1の実施の形態の成膜方法と異なる。なお、上記する反応ガスのうちから単独で或いは組み合わせて3組の異なる反応ガ

スを用いるものとするが、説明ではそれらを一般化してA、B、Cと表示する。また、バージ用ガスも同様に一般化してP1、P2、P3と表示する。

【0094】

まず、基板保持具に被成膜基板101を載置し、反応ガスA、B、Cのすべてに関し、一原子層の堆積が可能な飽和条件を満たす所定の温度に被成膜基板101を加熱する。必要な場合は、支持軸を回転軸として基板保持具を回転させる。続いて、反応ガスA、B、Cとバージ用ガスP1乃至P3のすべてを所定の圧力でガス放出口31乃至36まで導き、ガス放出口31乃至36から放出可能な状態にしておく。

【0095】

次いで、ロータ2を回転させて、ロータ2の通気孔16をバージ用ガスP1の放出口32に一致させる。これにより、バージ用ガスP1を放出口32と通気孔16を介して成膜室3に導入し、被成膜基板101表面から不要なガスを除去しておく。

【0096】

次に、ロータ2を左側に回転させて通気孔16と反応ガスBの放出口33とを一致させる。これにより、反応ガスBを放出口33と通気孔16を介して成膜室3に導入し、被成膜基板101上に一層のB原子層を堆積する。次いで、ロータ2を右側に回転させてロータ2の通気孔16をバージ用ガスP1の放出口32に一致させる。これにより、バージ用ガスP1を放出口32と通気孔16を介して成膜室3に導入し、被成膜基板101表面から残留する反応ガスBを除去する。

【0097】

次に、ロータ2をさらに右側に回転させて通気孔16と反応ガスAの放出口31とを一致させる。これにより、反応ガスAを放出口31と通気孔16を介して成膜室3に導入し、B原子層上に一層のA原子層を堆積する。

【0098】

以上を3回繰り返し、図15（a）に示すように、B原子層とA原子層を交互に3層ずつ堆積する。

【0099】

次いで、ロータ2を右側に回転させてロータ2の通気孔16をページ用ガスP3の放出口36に一致させる。これにより、ページ用ガスP3をガス放出口36と通気孔16を介して成膜室3に導入し、被成膜基板101表面から残留する反応ガスAを除去する。

【0100】

次に、ロータ2をさらに右側に回転させて通気孔16と反応ガスCの放出口35とを一致させる。これにより、反応ガスCをガス放出口35と通気孔16を介して成膜室3に導入し、A原子層上に一層のC原子層を堆積する。

【0101】

次いで、ロータ2を左側に回転させて、ページ用ガスP3によるページ、A原子層の堆積、ページ用ガスP1によるページ、B原子層の堆積とを順次行う。続いて、ロータ2の右側への回転と左側への回転を繰り返して、ページ用ガスP1によるページ、A原子層の堆積、ページ用ガスP1によるページ、B原子層の堆積、ページ用ガスP1によるページ、A原子層の堆積を順次行う。

【0102】

次いで、ロータ2を更に右側に回転して、ページ用ガスP3によるページ、C原子層の堆積を行う。続いて、左側に回転させて、ページ用ガスP3によるページ、A原子層の堆積、ページ用ガスP1によるページ、B原子層の堆積とを順次行う。以上のようにして、図15(a)に示すように、被成膜基板101上にA原子層とB原子層の間にC原子層を含む多原子層からなる膜を成膜することができる。この場合、反応ガスCとしてドーパントガスを用いると、例えば半導体層の堆積層の間にドーパント原子層を挟むように堆積することが可能であり、全体でn型又はp型の導電型が付与された半導体膜を形成することができる。

【0103】

なお、C原子層とC原子層の間で、反応ガスAの放出口31からページ用ガスP1の放出口32を経て反応ガスBの放出口33に至る左側回転と、引き続きページ用ガスP1の放出口32を経て反応ガスAの放出口31に至る右側回転とを図15(a)よりもさらに増やして、図15(a)よりもB原子層とA原子層の堆積を一層ずつ多く堆積することにより、図15(b)に示す膜を成膜すること

ができる。

【0104】

以上のように、この実施の形態のALD法によれば、反応ガスの放出口の数を3つ以上設け、ロータ2の回転履歴を制御するだけで、3層以上の異なる原子層を、全体の堆積膜中の原子層の構成割合を自在に制御して堆積できる。しかも、反応ガスの放出とバージとを交互に行っているため、欠陥や不純物の混入が抑制された膜を高速に成膜することができる。

【0105】

以上、実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。

【0106】

例えば、第1及び第2の実施形態の成膜装置において、バージ用ガスの放出口の大きさと反応ガスの放出口の大きさと同じとしているが、バージを早く、かつ確実に行うため、バージ用ガスの放出口をより大きくすることもできる。或いは、同時に放出するバージ用ガスの放出口を複数としてもよい。

【0107】

また、回転体2の第3の通気孔を一つ設けているが、場合により、2以上設けてもよい。また、図2に示すロータ2のガス流路として貫通孔である第3の通気孔を用いているが、ガス流路として貫通孔の他に、図6に示すように、ロータ2の周辺部を切除してガスが流通するようにした通気切欠部でもよい。

【0108】

また、上記実施の形態では、側部隔壁1の上部の内面、及びロータ2の上部の外面は、上方に開いたすり鉢状を有するが、その傾斜角度を0乃至90度の範囲で適宜変更することが可能である。特に、ロータ2の上部の外面の傾斜角度を90度とした場合、即ちロータ2の上部の外面が平面状を有する場合を、図7（b）（c）に示す。ここでは、ロータ2の上部の外面とは、容器の側部隔壁1の表面のフローティング用ガスから浮上力を受ける面をいうものとする。又は、図7（a）に示すように、ロータ2の上部の外面が下に開いたすり鉢状とすること

も可能である。なお、図7（a）乃至（c）中、符号16はロータ2に設けた第3の通気孔である。

【0109】

また、基板保持具4は被成膜基板を上向きに保持するようになっているが、下向きに保持するようにしてもよい。

【0110】

また、基板保持具4は固定されているが、一方向或いは左右両方向に回転するようにしてもよい。この場合、減圧容器のシール方法として磁気シールなど良く知られた方法を用いることができる。

【0111】

さらに、排気装置は減圧容器の上下に2つ接続されているが、図8に示すように、減圧容器の下部に接続され、反応ガス等を下部から排気してもよいし、図9に示すように、上部隔壁5に通気孔5aを設け、そこに接続するようにしてもよい。なお、図8、9において、図1と同じ符号で示すものは、図1と同じものを示す。

【0112】

さらに、第1の実施の形態において、減圧容器の側壁1の平面状又はすり鉢状の内面には、反応ガスやバージ用ガスの放出口12a乃至15aのほかにフローティング用ガスの放出口17aだけが設けられているが、図10（b）に示すように、減圧容器の側壁1の平面状又はすり鉢状の内面にフローティング用ガスの放出口17aの他に、減圧容器の側壁1を貫通する排気孔18と、その内部終端である内部排気口18aを設け、放出口17aから放出されたフローティング用ガスを内部排気口18aより排気孔18を通して排気するようにしてもよい。これにより、フローティング用ガスの分圧を放出と排気により多様に制御することができる。図10（b）において、符号18bは排気孔18の外部終端である外部排気口を示す。他の符号は、図1乃至4と同じ符号で示すものは、図1乃至4と同じものを示す。

【0113】

また、ロータ2を回転させるための内部の永久磁石19aと外部の永久磁石1

9 b とは、 S 極同士の斥力を用いるように配置されているが、 N 極同士の斥力を用いるように配置されてもよい。また、永久磁石の代わりに電磁石などを用いてもよい。さらに、回転手段として、他に良く知られた種々の手段を用いることができる。

【0114】

また、第1、第2の実施形態では、各反応ガスの放出口からそれぞれ異なる反応ガスを放出して、第1の実施形態では、A原子とB原子という異なる原子からなる原子層 1102、103 を交互に積層し、第2の実施形態では、A原子とB原子とC原子層という異なる原子からなる原子層を適当な繰り返しで積層しているが、同じ反応ガスを放出して同じ原子層を多層積層し、所定の膜厚で形成することもできる。

【0115】

また、被成膜基板の周囲に反応ガスとバージ用ガスの放出口を2乃至4つずつ交互に設けているが、1つずつ設けてもよい。或いは、5つ以上ずつのガス放出口を交互に設けてもよい。この場合、同じ反応ガスを放出してもよいし、それぞれ異なる反応ガスを放出してもよい。また、5つ以上ずつの放出口を設けた場合、円周の周りを1周する間に、同じ反応ガスを複数回放出してもよい。さらに、場合により、反応ガスとバージ用ガスの放出口を交互に設けなくてもよいし、バージ用ガスの放出口を設けずに反応ガスの放出口のみを設けてもよい。

【0116】

また、ロータ2の回転スピードを1回転／秒としているが、ソースの種類や成膜温度などにより、或いは堆積スピードを調整するため適宜変更することができる。

【0117】

さらに、この発明の成膜装置は基板保持具の上に空間を確保できるため、成膜状況を逐次観察可能な測定観測手段、堆積を円滑容易ならしめる反応ガスへのエネルギー供給源、被成膜基板の加熱手段としての赤外線やランプ加熱手段、ガス活性化のための触媒板、又はプラズマ生成手段などをその空間に設けることができる。

【0118】

また、上記本発明の構成の装置をA L D装置に適用しているが、他の成膜装置やエッチング装置などにも適用することができる。

【0119】**【発明の効果】**

以上のように、本発明の処理装置によれば、基板保持具の周囲に1以上のガス放出口を配し、回転体の回転制御により、ガス放出口と回転体の通気孔とが一致したときにガス放出口から基板保持具上にガスを放出している。

【0120】

即ち、回転する回転体がガスの切り換え機能を有し、従って、ガスの放出量の制御を精度良く行うことができる。このため、制御性良く成膜又はエッチングすることができる。

【0121】

特に、A L D装置に適用した場合、1以上のガス放出口として反応ガスの放出口を設けた場合、回転体の回転制御により、原子層の堆積が一層ごとに可能となる。また、回転体の回転速度を調整するだけで、堆積スピードを簡単に調整できる。さらに、1以上のガス放出口として反応ガスの放出口とバージ用ガスの放出口とを設け、基板保持具の周囲にそれらを交互に配置し、回転体を回転させることにより、反応ガスによる一原子層の堆積の後、バージ用ガスによる反応ガスのバージを瞬時に行うことができるため、1以上の原子層の堆積を高速に行うことができる。

【0122】

また、回転体が容器の側壁に対して浮上して回転するので、容器の側壁と回転体との位置精度出しも容易であり、安定したかつ非常に狭いクリアランスを実現できる。また、回転体が固定されていないため、回転体を簡単に取り外すことができ、これにより、回転体及び回転体を取り外した後のガスの供給機構を含む容器内のクリーニングが容易になる。

【0123】

また、この発明の処理方法は、回転体を回転させることにより、ガスの放出量

を精度良く制御することができるので、精度の良い膜厚制御やエッチング制御を行なうことができる。

【0124】

特に、ALD方法に適用した場合、回転体を回転させることにより反応ガスの放出とバージ用ガスの放出を交互に行っているため、反応ガスによる一層の原子層の堆積後、バージ用ガスによる反応ガスの排出を瞬時に行なうことが可能となる。これにより、多数の原子層の堆積を高速に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置の全体の構成について示す側面図である。

【図2】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、減圧容器、回転体、基板保持具の部分の構成及び相互の配置について示す斜視図である。

【図3】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、反応ガスを導く通気孔の構成について示す断面図である。

【図4】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、反応ガスを導く配管及び通気孔の構成について示す断面図である。

【図5】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、回転体の回転手段の構成について示す断面図である。

【図6】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、回転体の他の構成について示す斜視図である。

【図7】

(a) 乃至 (c) は、本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、回転体のさらに他の構成について示す断面図である。

【図8】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、他の排気方法について示す断面図である。

【図9】

本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、さらに他の排気方法について示す断面図である。

【図10】

(a) は、本発明の第1の実施の形態であるALD装置において、フローティング用ガス供給源から第4の通気孔への他の接続方法について示す断面図である。 (b) はフローティング用ガスの分圧の制御に関する他の機構を示す断面図である。

【図11】

(a) 乃至 (h) は、本発明の第1の実施の形態であるALD装置を用いた成膜方法について示す平面図である。

【図12】

(a) 乃至 (e) は、本発明の第1の実施の形態であるALD装置を用いた成膜方法に関し、成膜室内へのガスの流れについて示すタイミングチャートである。

【図13】

(a) 、 (b) は、本発明の第1の実施の形態であるALD装置を用いた成膜方法について示す断面図である。

【図14】

本発明の第2の実施の形態であるALD装置の成膜室へのガス供給部分の構成について示す平面図である。

【図15】

(a) 、 (b) は、本発明の第2の実施の形態であるALD装置を用いた成膜方法について示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 減圧容器の側部隔壁（容器の側壁）

- 2 ロータ（回転体）
- 3 成膜室
- 4 基板保持具
- 4 a 支持軸
- 5 上部隔壁
- 6 a、6 b 帯状凹部
- 7 ロータを回転させる手段
- 8、9 排気配管
- 10 a乃至10 e リザーバ
- 11 a乃至11 f 配管
- 12、31、41 反応ガスAの通気孔（第1の通気孔）
- 12 a、13 a、14 a、15 a、17 a 内部開口（ガス放出口）
- 12 b、13 b、14 b、15 b、16 b、17 b 外部開口
- 13、32、42 パージ用ガスP1の通気孔（第2の通気孔）
- 14、33、43 反応ガスBの通気孔（第1の通気孔）
- 15、34、44 パージ用ガスP2の通気孔（第2の通気孔）
- 16 第3の通気孔
- 16 a 内側開口
- 16 b 外側開口
- 17 第4の通気孔
- 18 排気孔
- 18 a 内部排気口
- 18 b 外部排気口
- 19 a、19 b 永久磁石
- 20 下部隔壁
- 35、47 反応ガスCの通気孔
- 36、46 パージ用ガスP3の通気孔
- 45 反応ガスDの通気孔
- 48 パージ用ガスP4の通気孔

101 被成膜基板

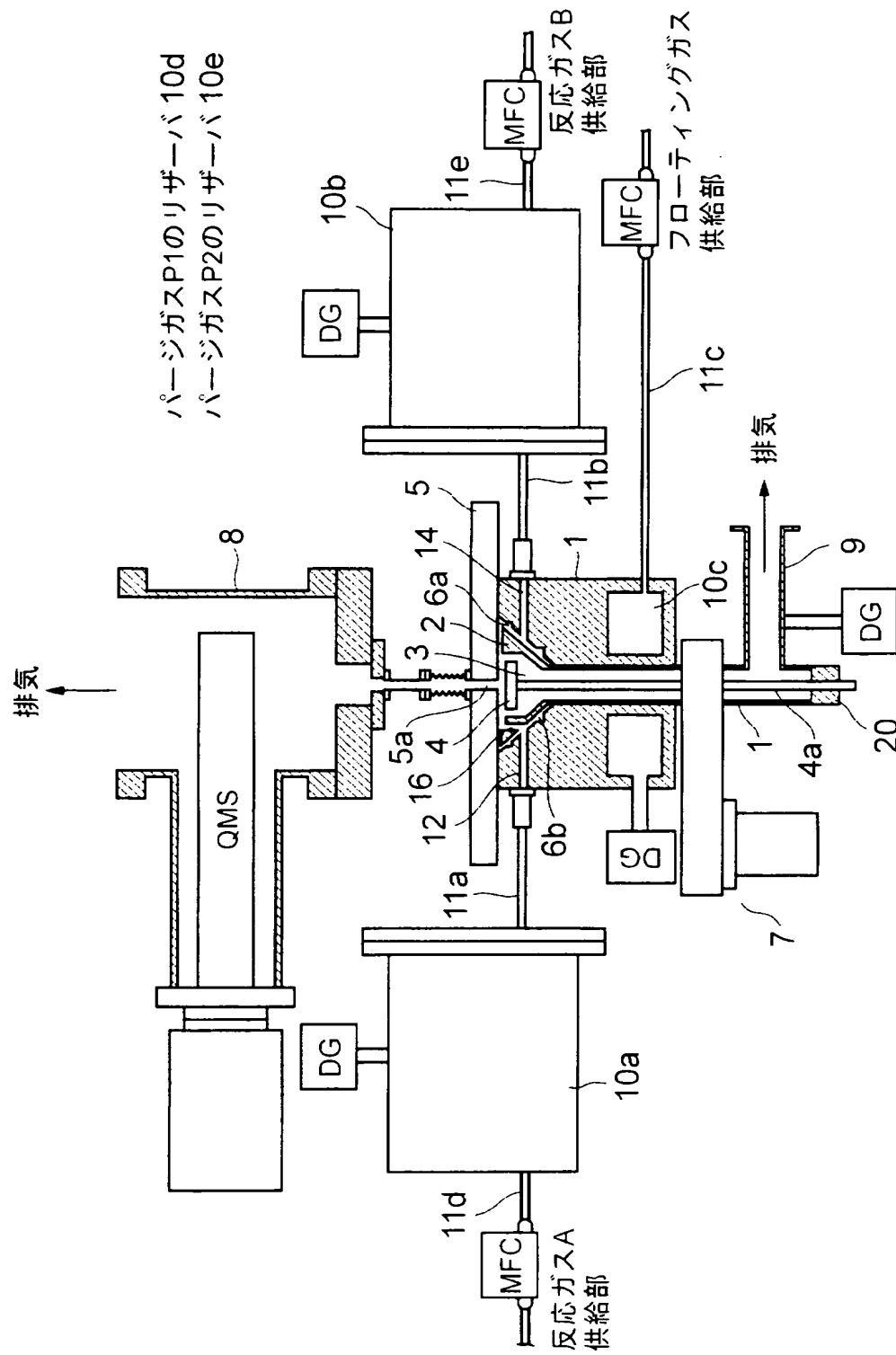
102 A原子の一原子層

103 B原子の一原子層

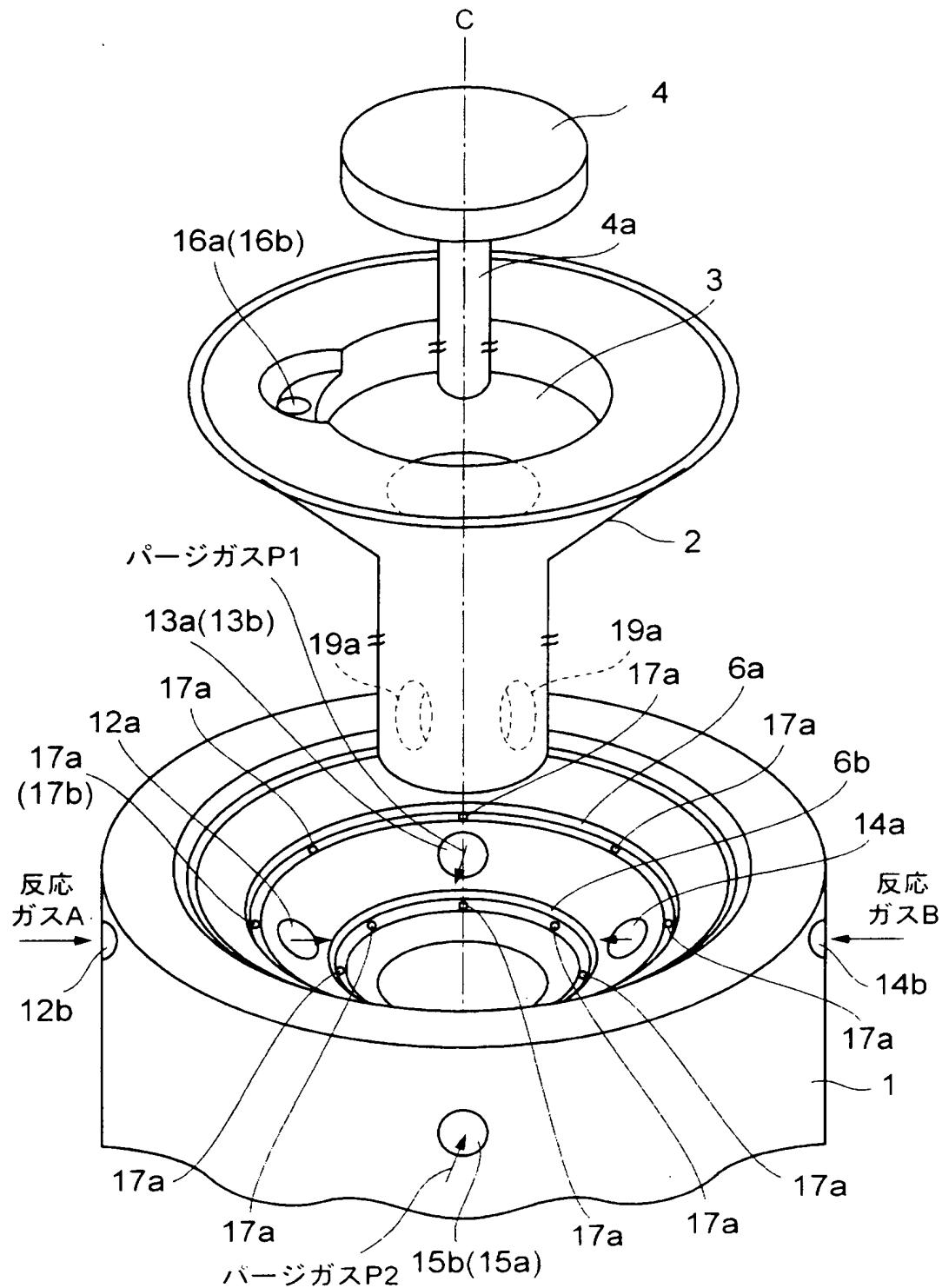
【書類名】

図面

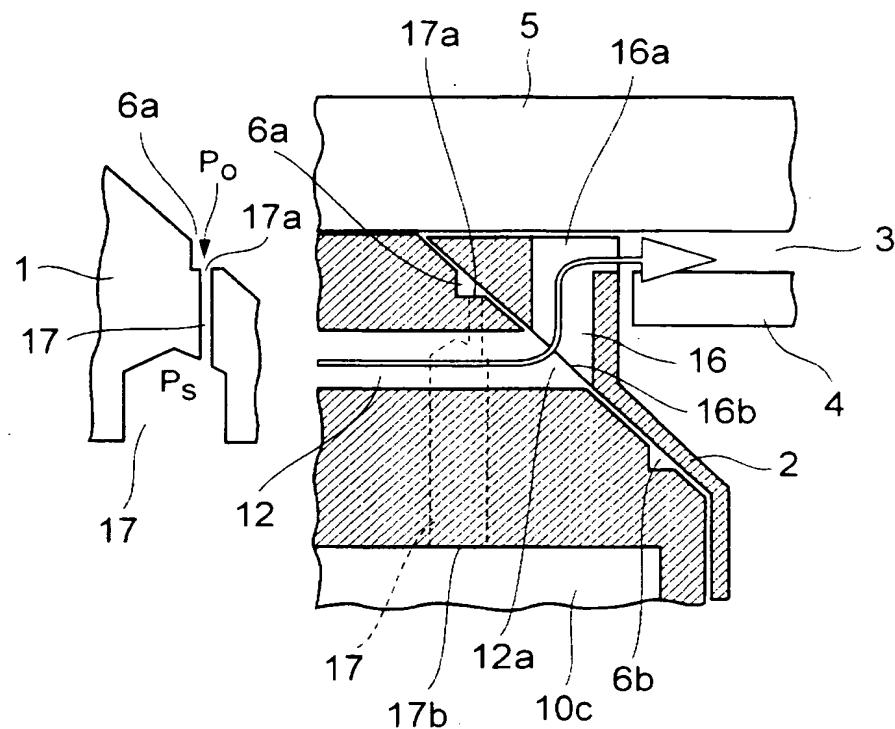
【図1】



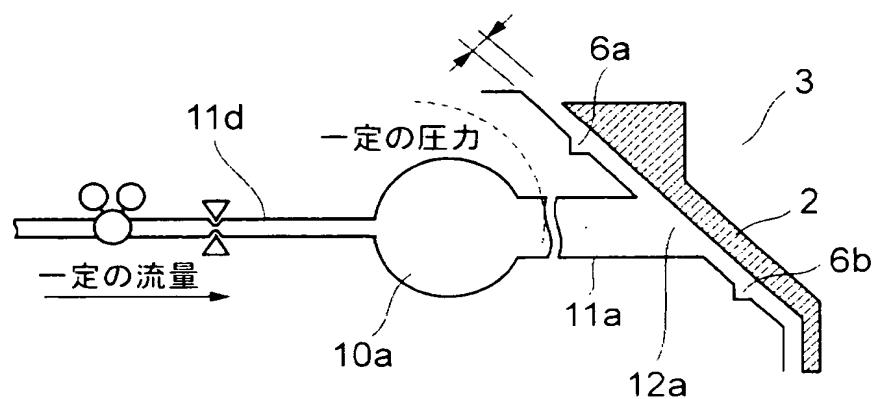
【図2】



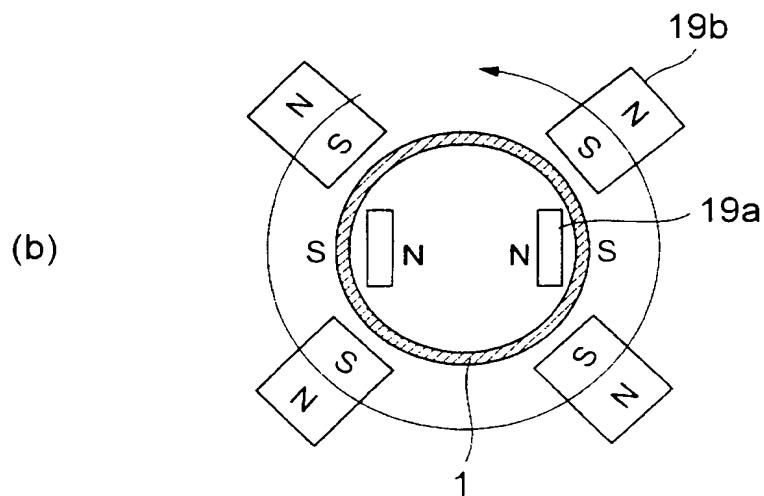
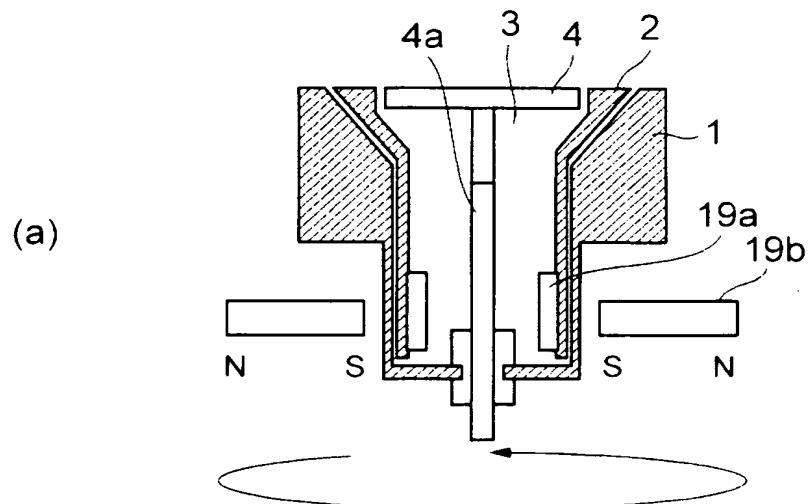
【図3】



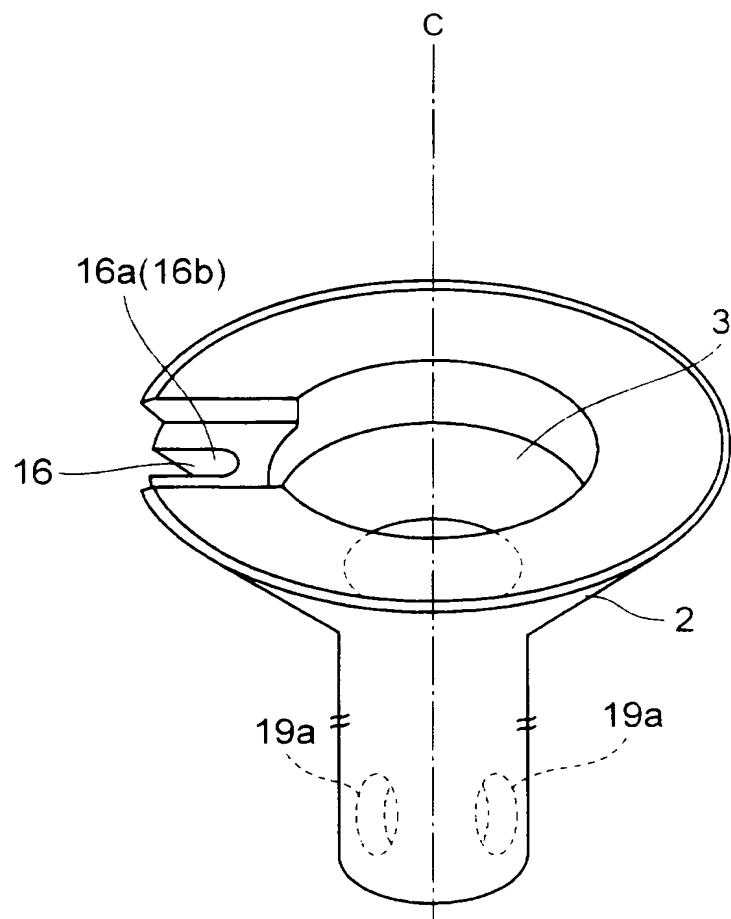
【図4】



【図5】

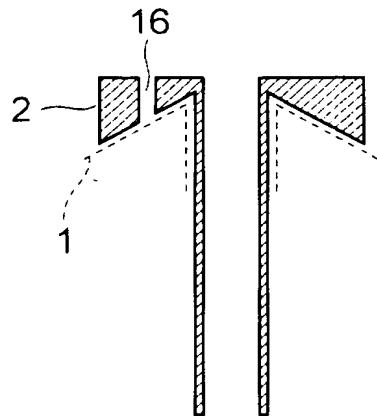


【図6】

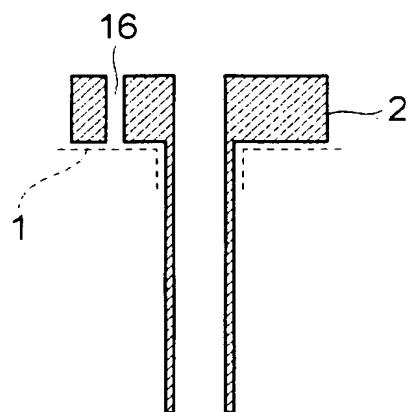


【図7】

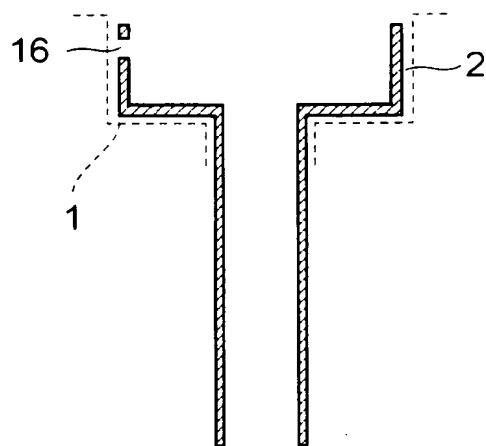
(a)



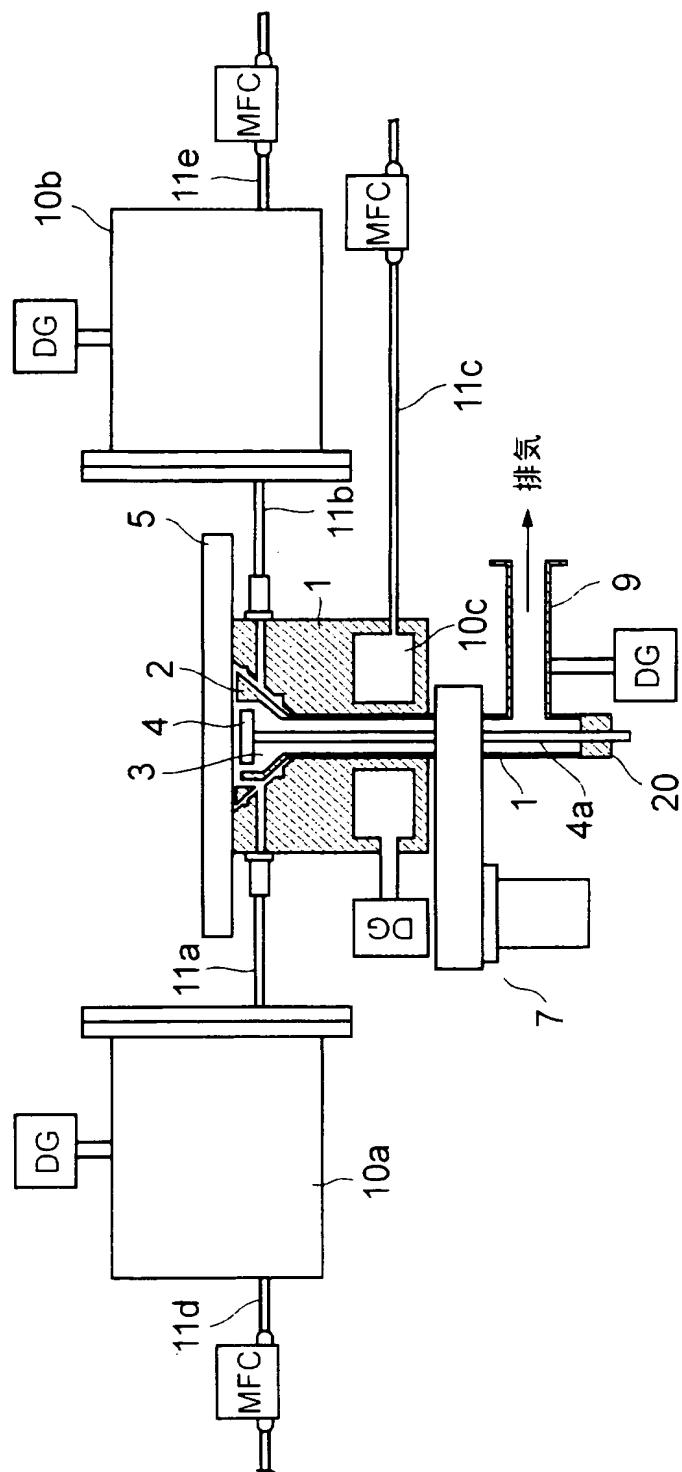
(b)



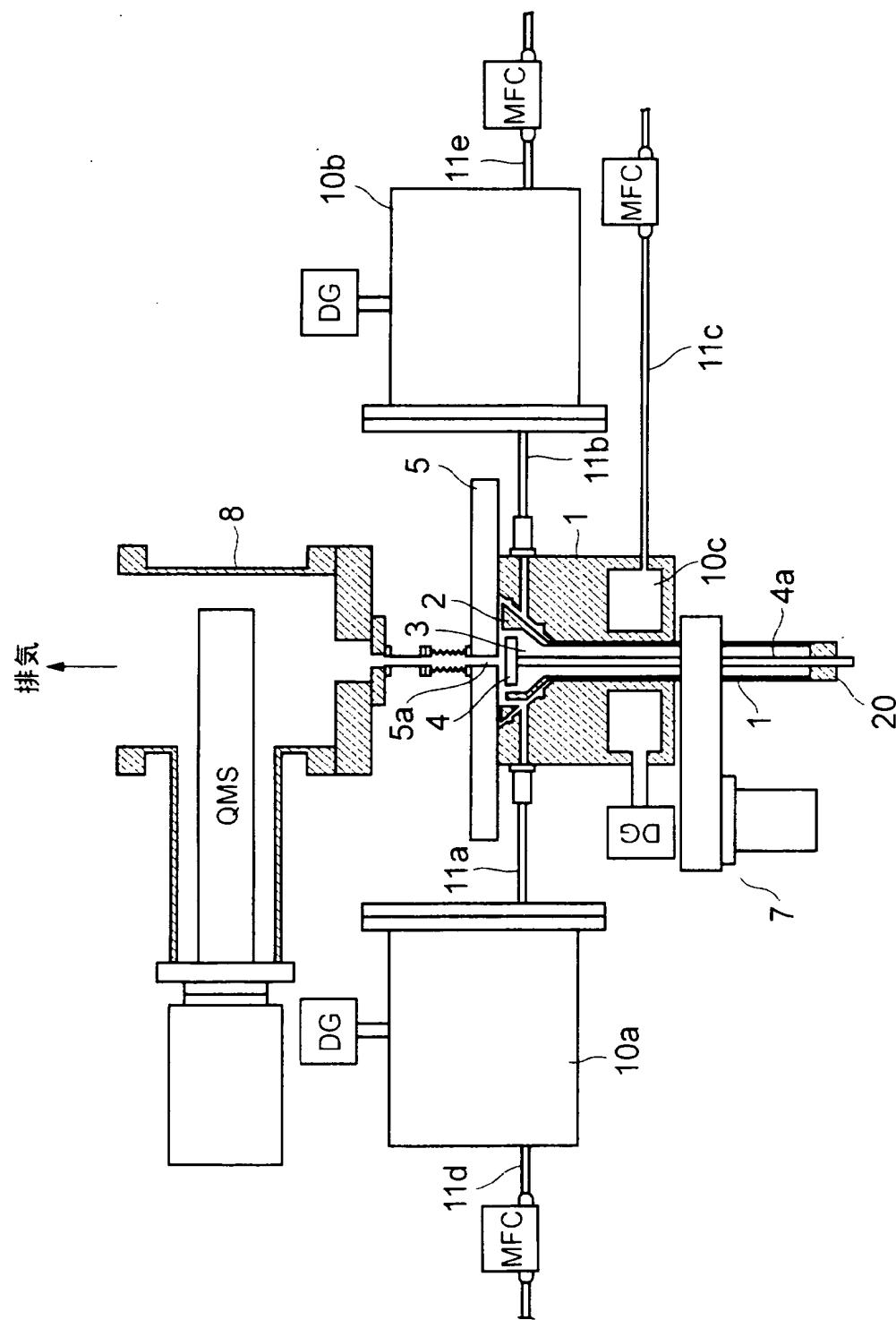
(c)



【図 8】

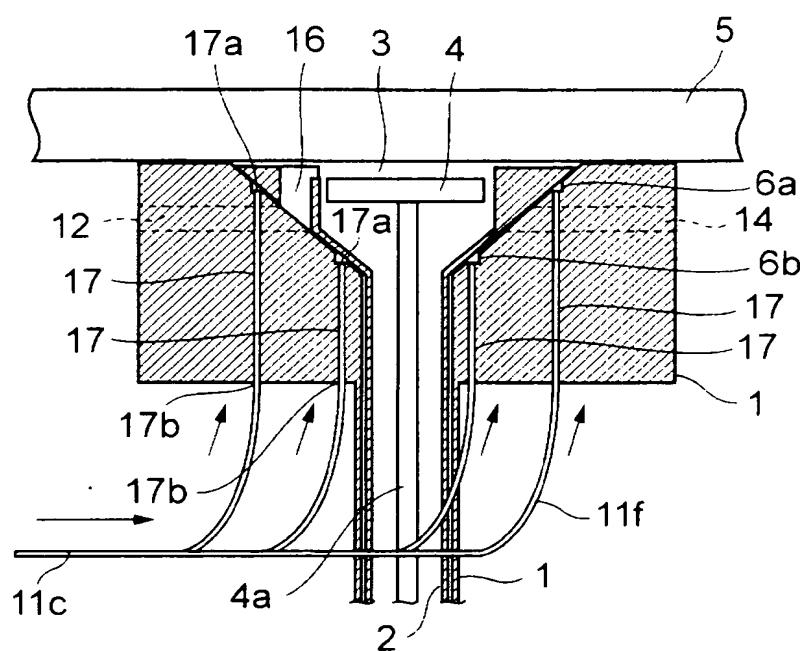


【図9】

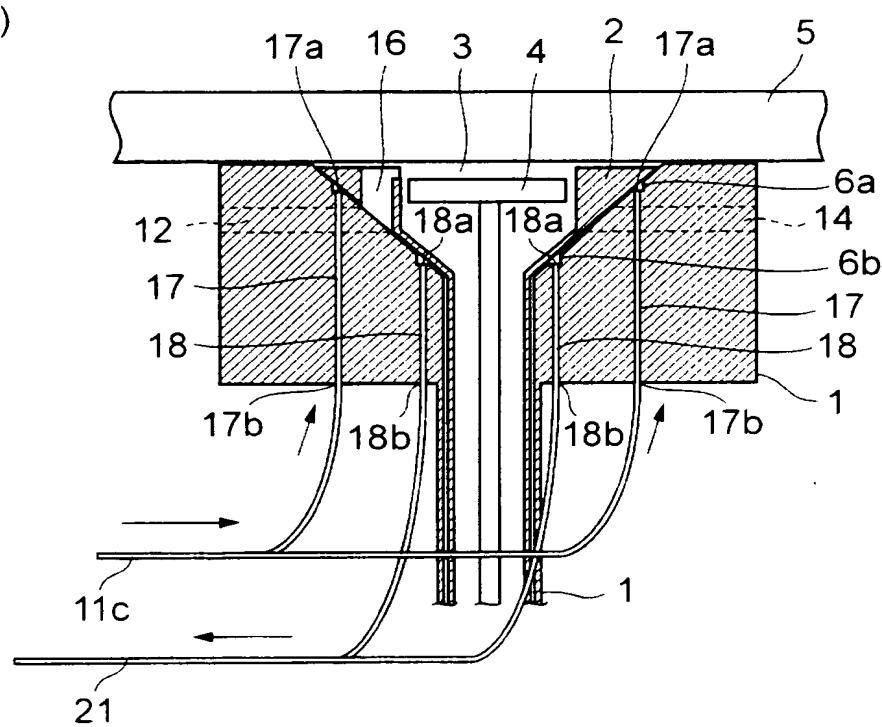


【図10】

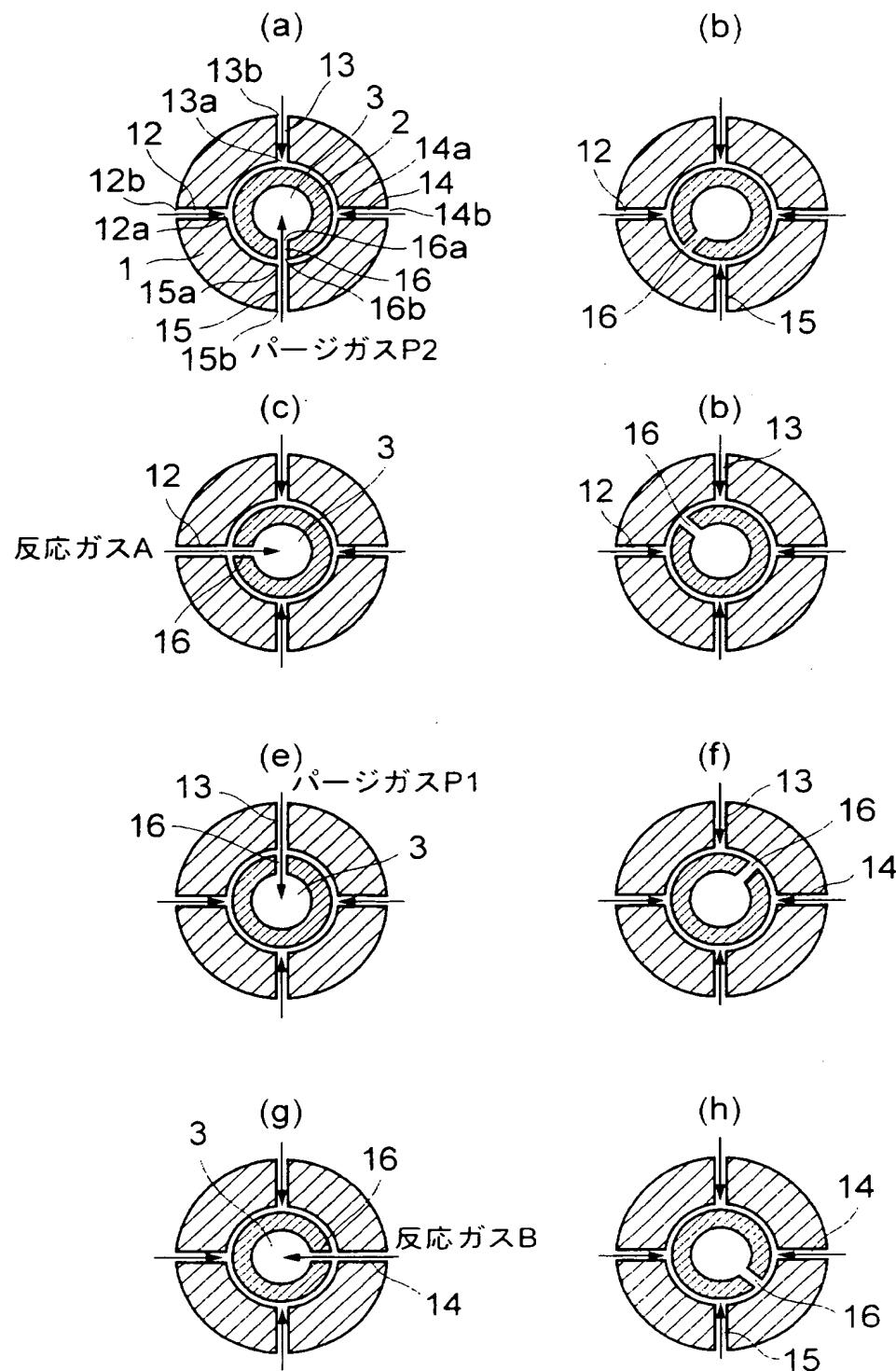
(a)



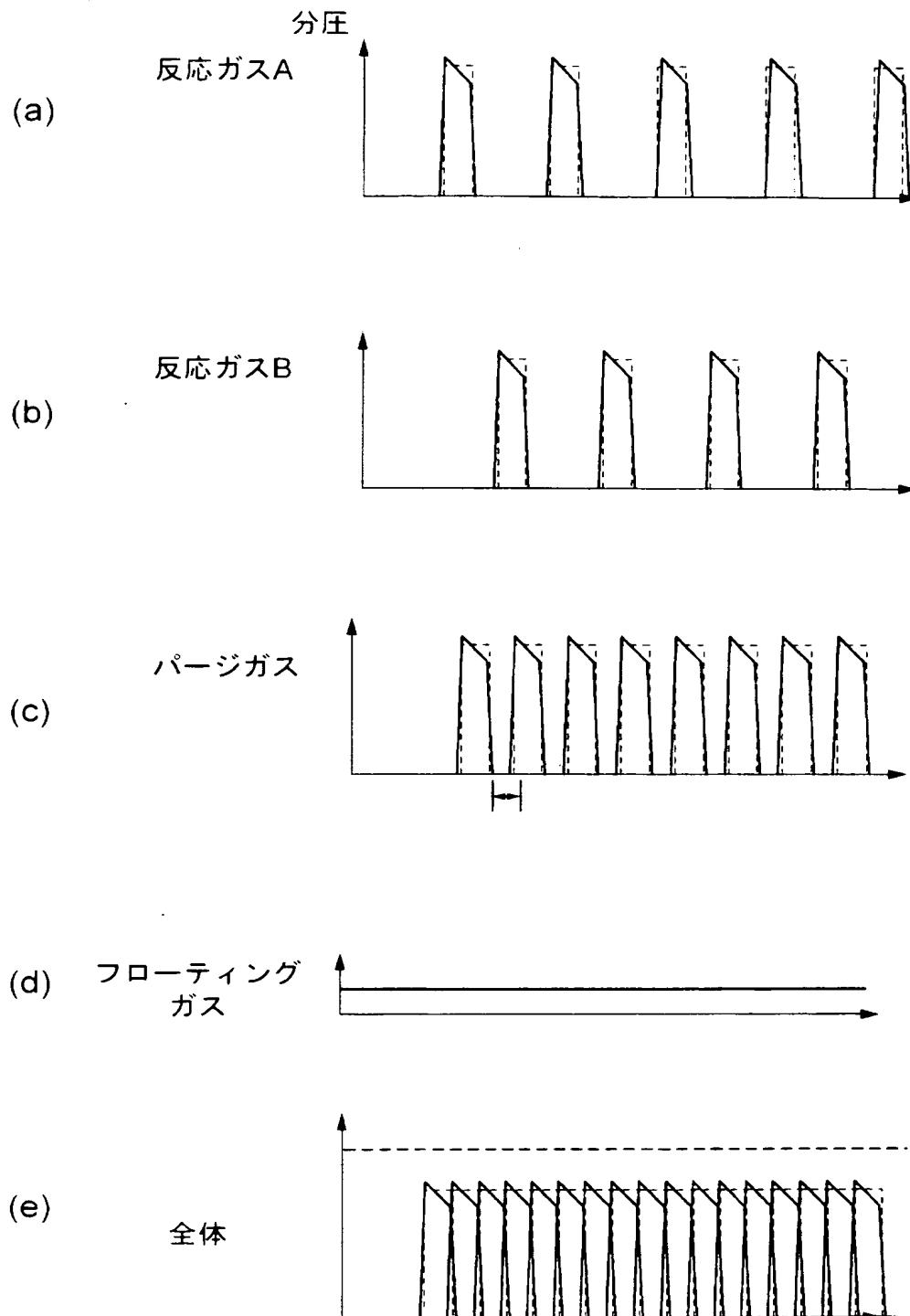
(b)



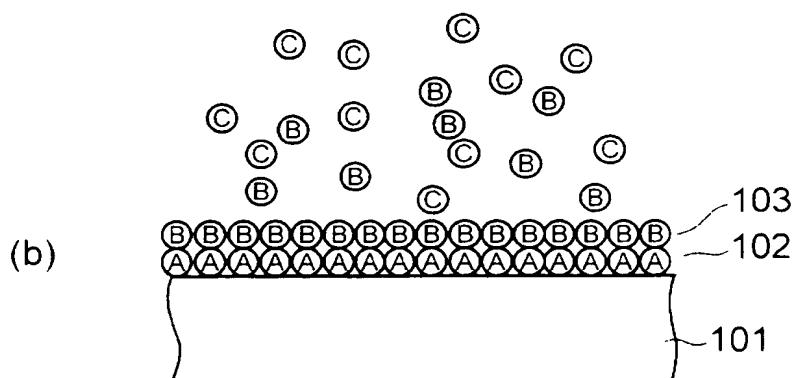
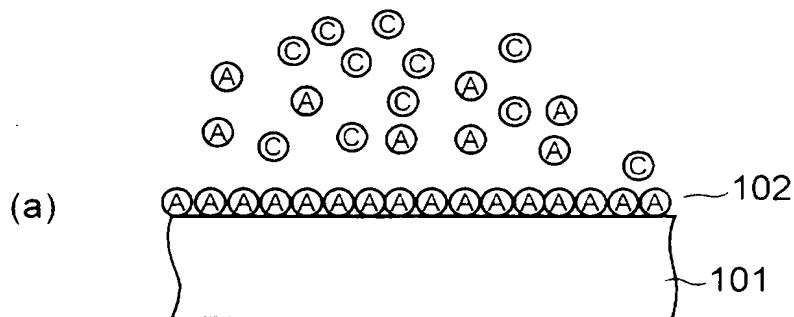
【図11】



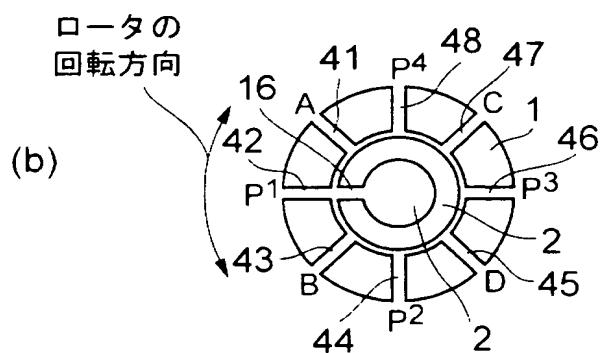
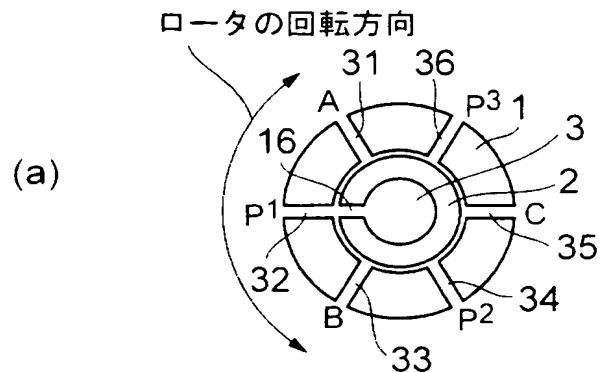
【図12】



【図13】

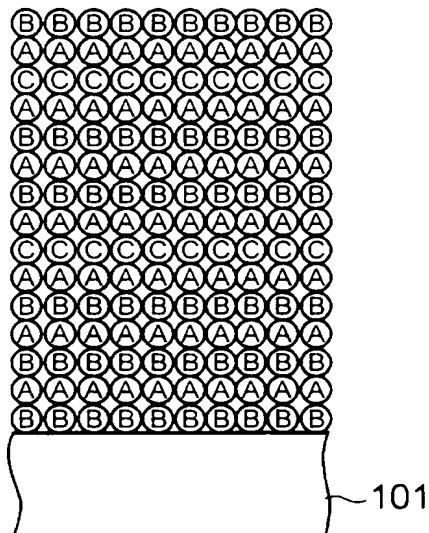


【図14】

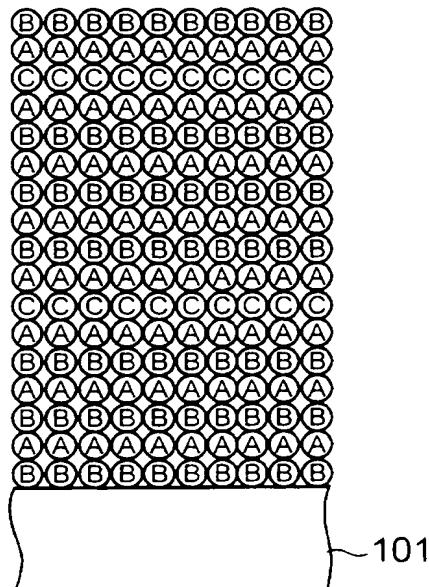


【図 15】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 原子層1層を積層する1サイクルに要する時間の短縮を図ることができ、かつコンピュータ制御が可能で、装置部品の取り付けや取り外しを含むメンテナンスが容易で、かつ装置の分解洗浄が容易な処理装置及び処理方法を提供すること。

【解決手段】 1以上のガス放出口12a乃至15aを有する容器と、容器内に設けられた基板保持具4と、基板保持具4と容器の側壁1の間に設けられ、基板保持具4の周りを回転する1以上の通気孔又は通気切欠部を有する回転体2とを有し、回転体2の回転により、ガス放出口12a乃至15aと回転体2の通気孔16等とが一致したときにガス放出口12a乃至15aから基板保持具4上にガスを放出することを特徴とする。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-378183
受付番号	50201979043
書類名	特許願
担当官	宇留間 久雄 7277
作成日	平成 15 年 2 月 4 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	503009373
【住所又は居所】	福島県福島市鎌田字川添 3-8
【氏名又は名称】	渡辺 励起

【特許出願人】

【識別番号】	301075709
【住所又は居所】	福島県福島市鎌田字川添 3-8
【氏名又は名称】	株式会社エフィーシー

【特許出願人】

【識別番号】	592115490
【住所又は居所】	福島県福島市飯坂町平野字八龍前 12-9
【氏名又は名称】	高野精器有限会社

【特許出願人】

【識別番号】	503008974
【住所又は居所】	茨城県つくば市大字小野崎 332 番地の 2
【氏名又は名称】	有限会社真空実験室

【代理人】

【識別番号】	100091672
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋人形町 3 丁目 11 番 7 号山西 ビル 4 階 岡本国際特許事務所
【氏名又は名称】	岡本 啓三

次頁無

特願 2002-378183

出願人履歴情報

識別番号

[503009373]

1. 変更年月日 2002年12月26日

[変更理由] 新規登録

住 所 福島県福島市鎌田字川添3-8
氏 名 渡辺 励起

特願 2002-378183

出願人履歴情報

識別番号

[301075709]

1. 変更年月日

2001年11月21日

[変更理由]

新規登録

住 所

福島県福島市鎌田字川添3-8

氏 名

株式会社エフィーシー

特願 2002-378183

出願人履歴情報

識別番号

[592115490]

1. 変更年月日 1992年 4月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 福島県福島市飯坂町平野字八龍前12-9
氏 名 高野精器有限会社

2. 変更年月日 2003年 1月31日
[変更理由] 住所変更
住 所 福島県福島市飯坂町平野字田切19-8
氏 名 高野精器有限会社

特願 2002-378183

出願人履歴情報

識別番号 [503008974]

1. 変更年月日 2002年12月26日
[変更理由] 新規登録
住 所 茨城県つくば市大字小野崎332番地の2
氏 名 有限会社真空実験室